ARBEITEN

AUS DER

PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG

FÜNFTER JAHRGANG: 1870

MITGETHEILT

DURCH

C. LUDWIG.

MIT SECHS TAFELN.

Abdruck aus dem XXII. Bande der Berichte der mathem.-phys. Classe
der K. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1871.

INHALT.

Die eingeklammerten Seitenzahlen beziehen sich auf die fortlaufenden Seiten d. XXII. Bds. der Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der K. S. Gesellsch. der Wissensch.

Berichtigungen.

Seite	157.	Zeile	20	0.19 Proc. O zu verändern in 1.98 Proc. O.
»	157.	»	21	0.22 Proc. O zu verändern in 2.20 Proc. O.
»	163.	»	5	1 Molekul Kohlensäure zu veränd. in 1 Molekul Kohlenoxyd.
»	177.	»	17	Seitenfläche in Seitenfurche.
»	197.	»	6	nicht schraffirt sind zu verändern in schraffirt sind.

Ueber elastische Schwingungen.

Von

Dr. J. J. Müller.

In seinen Untersuchungen über elastische Schwingungen macht Hr. *W. Weber* wiederholt darauf aufmerksam, dass für jeden schwingenden Körper die Tonhöhe sich mit der Amplitude ändert. Für die Longitudinalschwingungen hebt er insbesondere ein gleichzeitiges Wachsen beider Grössen hervor. Diese Thatsache lässt sich auch dahin fassen, dass mit der lebendigen Kraft der elastischen Schwingungen die Geschwindigkeit ihrer Verbreitung wächst. — Neuerdings hat Hr. *Regnault* in seinen Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalles die directe Bestätigung dieses Satzes geliefert. Er beobachtete bei Gasen ein Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei wachsender Schallstärke, ein Resultat, welches sich sofort auch so ausdrücken lässt, dass die Wellenlänge mit der Amplitude wächst. Versuche für die unmittelbare Bestetigung dieses Satzes, die Hr. *Kundt* anstellte, ergaben aber ein negatives Resultat.

Eine Modification der Klangfiguren in Röhren, welche wie in den *Kundt*'schen Versuchen auf den Ton eines Stabes resoniren, ermöglicht eine Entscheidung dieser Frage für Longitudinalschwingungen sowohl gasförmiger als fester Körper. Führt man das Lycopodium in einem linearen Streifen in das Wellenrohr und bringt, während derselbe etwas seitlich von der tiefsten Linie liegt, den Glasstab zum Tönen, so entstehen auf der einen Seite regelmässige Ausbuchtungen, alle aus Querrippen des Lycopodium gebildet, die sich wie Ordinaten in periodisch variirender Länge bald merklich senkrecht, bald leicht geneigt über dem linearen Streifen erheben. Ihre Ausbildung hängt ab von der

Länge, Intensität und Schwingungsform der stehenden Welle und ihre Aenderungen gestatten daher Schlüsse auf Aenderungen jeder dieser Variabelen. — Bei der Erzeugung eines zweiten Systems auf der andern Seite des Streifens bleibt das erste erhalten, vorausgesetzt, dass die Intensität des Tones nicht eine zu grosse war. Aenderungen der Wellenlänge erscheinen dann in der relativen Verschiebung beider Figurensysteme in der Nähe des schwingenden Stabendes mit der Anzahl der vorhandenen Wellen multiplicirt. Dies ermöglicht es, Aenderungen von unter 0,0001 der Wellenlänge mit Sicherheit zu erkennen.

Mit Hülfe dieser Methode liess sich zunächst entscheiden, ob das Tönen des Stabes selber einen Einfluss auf die Fortpflanzung der elastischen Schwingungen in ihm habe. Bei gleichem Ort des schwingenden Stabendes im Wellenrohr und gleicher Schallstärke brauchte zwischen zwei Versuchen der Stab nur in intensives Tönen versetzt zu sein. Der zweite Versuch, unmittelbar nach diesem Tönen angestellt, lieferte im Wellenrohr eine kleinere Wellenlänge, was einer Steigerung der Tonhöhe und somit einem Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Stabe entspricht. Die Erscheinung, die ich die schwingende Nachwirkung nennen will, wächst mit der Stärke und Dauer des vorangegangenen Tönens und nimmt mit wachsender Zeit nach demselben ab. Zwei Secunden nach einem intensiven durch Reiben erzeugten Tönen während einer halben Minute stellte sich die Aenderung der halben Wellenlänge, aus 5 symmetrisch zum Ende der 25. Halbwelle gelegenen Verschiebungen bestimmt, zu $0{,}324^{mm}$ heraus; die directe Messung der Halbwellen ergab die Werthe $51{,}46$ und $51{,}07^{mm}$.

Wird bei gleicher Stärke der Stabschwingung und unter Elimination der schwingenden Nachwirkung die Stärke der Luftschwingung variirt durch Aenderung des Ortes, den das Stabende im Wellenrohr hat, so entspricht dem Maximum der Resonanz, wobei das Stabende in der Mitte eines Bauches liegt, die grössere Wellenlänge; dem Minimum, wo es in einem Knoten liegt, eine kleinere. Mit der Amplitude wächst also für die Luft die Länge der Welle. Beispielsweise ergab sich die Aenderung, in analoger Weise wie oben aus den zur 40. Halbwelle symmetrischen Verschiebungen bestimmt, zu $0{,}120^{mm}$; die directen Messungen der Halbwellen ergaben die Werthe $32{,}33^{mm}$ und $32{,}05^{mm}$.

Wird endlich, während das Stabende constant denselben Ort im Wellenrohr (Knoten) einnimmt und wieder die Nachwirkung ausgeschlossen ist, die Stärke der Schwingung des Stabes durch verschieden starkes Reiben variirt, so entspricht den stärkeren Schwingungen eine kleinere Wellenlänge im Wellenrohr. Dies kann nur auf einer Steigerung der Tonhöhe, also einem Wachsen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Stabe beruhen. Aus den Verschiebungen bestimmt, ergab sich so eine Aenderung der Halbwelle von 0,89^{mm}; während die directen Messungen für die Halbwellen 51,38 und 51,07 herausstellten.

Das Interesse, das die Ausdehnung dieser Versuche über den Zusammenhang zwischen Wellenlänge, Amplitude und Schwingungszahl auf die Querschwingungen und speciell auf die des Lichtes besitzt, liegt auf der Hand. Bei den Querschwingungen der ponderablen Massen hoffe ich mit Hülfe der *Lissajous*'schen Methode durch die zeitliche Bestimmung der Periode des Ueberganges, den die Figuren erleiden, die Frage zur Beantwortung zu bringen. Beim Licht findet sich in der Interferenz bei grossen Phasendifferenzen (*Fizeau*) ein Mittel für die Entscheidung. Einen auf diesem Principe construirten Apparat werde ich in der nächsten Zeit aus dem optischen Institute des Herrn Schröder in Hamburg erhalten. Die Resultate dieser Versuche werde ich mir erlauben, in einer ausführlichen Mittheilung, für die ich mir auch die theoretische Behandlung der Relationen vorbehalte, der Königl. Academie vorzulegen.

Leipzig, März 1870.

Ein neuer Beweis für die Reizbarkeit der centripetalen Fasern des Rückenmarks.

Von

Dr. C. Dittmar.

A. v. Bezold hat in seiner Abhandlung über ein neues excitirendes Nervensystem des Herzens (Untersuchungen über Innervation des Herzens. II. Abtheilung. 1863) die Beobachtung mitgetheilt, dass jede auch noch so leise Reizung der Haut, ja selbst die der Gehörnerven durch eine Erhöhung des arteriellen Blutdruckes und eine Vermehrung der Pulszahl beantwortet werde, vorausgesetzt, dass das dem Versuch unterworfene Thier mit Curare vergiftet und die Halsstämme seiner N. vagi durchschnitten waren. Diese Beobachtungen sind, wie bekannt, von *Lovén* und *Asp* bestätigt und zugleich erweitert worden, indem sie auch Thiere dem Versuch unterwarfen, an welchen entweder die N. vagi erhalten oder die Beschleunigungsnerven des Herzens durchschnitten waren.

Weil nun nach den Beobachtungen von *C. Ludwig* und *Thiry* das Ansteigen des Blutdrucks von einer Verkürzung der Muskelringe um die kleinsten Arterien herrührt, welche von den sensiblen Nerven reflectorisch veranlasst wird, so eignet sich diese Reaction zu einer Prüfung der sensiblen Eigenschaften eines Nervenstückes überhaupt. Von dieser Betrachtung geleitet, schlug mir Professor *Ludwig* vor, mit diesem Mittel die Entscheidung der viel discutirten Frage von der Reizbarkeit der Rückenmarkssubstanz zu versuchen. Der Nachweis des Vorhandenseins einer solchen konnte bis jetzt mit Erfolg nur für die Vorderstränge geliefert werden (von *Fick* und *Vulpian*), für deren Erregung allein wir ja in der Contraction von Muskeln ein hinreichend feines und sicheres Reagens besassen. Für die »ästhesodische« Sub-

stanz war ein solcher Nachweis in neuerer Zeit nicht einmal versucht worden. — Auch bei der Ausführung der ganzen nachfolgenden Untersuchung verdanke ich Prof. *Ludwig* die ausgiebigste Unterstützung durch Rath und That.

Als Versuchsthiere wählte ich Kaninchen. Sie waren, um anderweitige für unsern Zweck störende Nebenwirkungen des sensiblen Reizes auszuschliessen, sämmtlich curarisirt. Der Blutdruck in der Carotis wurde mittelst des Quecksilbermanometers registrirt. Die Vagi habe ich in keinem meiner Versuche durchschnitten.

Zunächst hatte ich im Laufe meiner Untersuchung reichlich Gelegenheit, mich von der Richtigkeit der *Bezold*'schen Beobachtung zu überzeugen; die dieser Abhandlung anhangsweise beigefügten Versuchstabellen enthalten davon zahlreiche Beispiele. In allen Fällen, wo ein selbst schwacher Reiz ein sensibles Gebilde des Körpers traf, zeigte sich eine Erhöhung des Blutdrucks als Ausdruck einer Vermehrung der Widerstände im arteriellen Stromgebiet durch reflectorische Verengerung der Gefässe. Es kommt, wie wir wissen, dieser Reflex auf die Gefässnerven in der Medulla oblongata zu Stande.[1] Zugleich zeigte sich, dass die Drucksteigerung mit der Stärke des Reizes wuchs und also als ungefähres Maass für die Grösse der Erregung benutzt werden konnte (vergl. Vers. Q Nr. 3, X 4, Z 7—12), freilich unter gewissen einschränkenden Bedingungen. Zunächst muss die Dauer der Reize, deren Effect vergleichbar sein soll, eine annähernd gleiche sein. In vielen Fällen nämlich ist das Zustandekommen der Drucksteigerung ein allmähliges und nimmt auch bei gleichem Reize eine mehr oder weniger lange Zeit in Anspruch. — Ein zweiter Umstand, der die Verwerthbarkeit der Drucksteigerung als Maass für die sensible Erregung beeinträchtigt, ist die Ermüdung des reflectorischen Organs; nicht als ob sie durch ein öfteres Inanspruchnehmen desselben überhaupt in merklichem Grade hervorgebracht würde; aber sehr häufig zeigt es sich, dass von zwei unmittelbar aufeinander folgenden Reizungen die letzte einen geringern Effect hat, als die erste. (Vergl. P 5, Y 5.)

---

1) Wie *Lovén* gezeigt hat, tritt dagegen in den Körperpartien, welche von den gereizten sensiblen Nerven versorgt werden, in den meisten Fällen eine reflectorische Erweiterung auf.

Der sensible Reiz erzeugt aber, wie schon bemerkt, nicht allein eine Verengerung der Arterien, er ändert zugleich auch die Schlagfolge des Herzens. Käme es also darauf an, die Steigerung des Druckes als ein Maass der Reizung zu benutzen, so müssten vor dem Versuche die verlangsamenden und beschleunigenden Nerven des Herzens durchschnitten werden. Ich habe beides unterlassen, weil ich mir die Wirkung nicht entgehen lassen wollte, welche die Reizung des Rückenmarks auch auf diese Nerven ausübt. Dem entsprechend kann in meinen Versuchen die Höhe des Drucks nicht so unbedingt mit der Stärke oder der Dauer des Reizes wachsen, da auch in vielen von meinen Beobachtungen die Häufigkeit des Pulses in Folge der sensiblen Reizungen ohne jegliche Regelmässigkeit verändert wird. Kommt eine Verlangsamung des Pulses zu Stande, so kann diese den Effect einer geringen Verengerung der Arterien auf den Blutdruck vollständig paralysiren, während umgekehrt eine Vermehrung der Pulsfrequenz im Stande ist, eine wenn auch immerhin mässige Drucksteigerung zu erzeugen.

Es versteht sich endlich von selbst, dass die übrigen Umstände, welche auf Blutdruck und Puls von Einfluss sind, während des Zeitraums, in welchen zwei zu vergleichende Versuche fallen, durchaus dieselben bleiben müssen. So darf natürlich kein Blutverlust von einer intercurrenten Operation den Anfangsdruck erniedrigen. Ich habe übrigens in dieser Hinsicht mehrfach bemerkt, dass bei gleichem Reize die Erhebung um so bedeutender ausfällt, je höher der vorhandene Druck in den Arterien überhaupt ist, und es scheint eine ungefähre Proportionalität zwischen den Erhebungen und den dazu gehörigen Anfangsdrücken bei gleichem Reize zu bestehen.[2]) — Viel Schwierigkeiten macht in dieser Beziehung auch die Respiration, die auf mannigfache Art Blutdruck und Puls zu beeinflussen im Stande ist. Schon eine einfache Aenderung im Rhythmus derselben ist, wie bekannt,

2) Besonders lehrreich ist in vielen der erwähnten Beziehungen der erste Vorversuch. Die zweiten Reizungen Nr. 4 und 4 (vor und nach dem Aderlasse) sind auf die ersten ziemlich rasch gefolgt und desshalb von geringerem Effect als diese. Zugleich erkennt man aber auch, dass sich die Erhebungen 17 und 29 (Nr. 4 und 4) beiläufig verhalten wie die betreffenden Anfangsdrücke 11 und 21 (Nr. 3 und 3). Bei den ersten Reizungen fehlt diese Proportionalität, weil die Dauer der beiden Reizungen sehr verschieden ist.

von einer Aenderung des Blutdrucks begleitet und kann in unserem Falle störende Fehler hervorbringen; noch viel grösser aber ist der indirecte Einfluss, den eine Aenderung der Respiration durch eventuelle Veränderung des Gasgehaltes vom Blute auf den Druck in den Arterien und die Pulsfrequenz hervorbringen kann. In den ersten Versuchen wurde die künstliche Respiration der curarisirten Thiere durch die Hand eines Gehilfen, später durch Maschinenkraft im Gang erhalten. Die letztere bewirkte einen über grössere Zeiträume hin ganz gleichmässigen Rhythmus der Respiration und es konnte dabei sowohl die Tiefe als die Frequenz der Athemzüge aufs Genaueste regulirt werden. In der That gelang es auf diese Weise den Blutdruck auf längere Strecken durchaus gleichmässig zu erhalten und so unserem Reagens auf Sensibilität erst die wünschenswerthe Empfindlichkeit und Sicherheit zu verleihen: selbst geringe Schwankungen des Blutdrucks konnten, sofern keine sonstige Bedingung zu seiner Aenderung gegeben war, noch als zweifellose Beweise einer stattgehabten sensiblen Erregung angesehen werden.[3])

So wäre denn für die sensible Erregung in der durch sie erzeugten reflectorischen Steigerung des Blutdruckes und der Aenderung der Pulsfolge ein Reagens gefunden, welches die bisher gebrauchten, wie namentlich Schmerzensäusserungen, Fluchtversuche und dergl. an Sicherheit und Genauigkeit weit hinter sich zurücklässt, und schätzungsweise den Grad der sensiblen Erregung von der schwächsten bis zur stärksten in Zahlen auszudrücken gestattet.

Dabei ist es nicht einmal nothwendig, dass das Thier selbst eine wirkliche Empfindung habe (vergl. unter anderen weiter unten pag. 28). Es sind eben diese und der in der Medulla oblongata zu Stande kommende Reflex auf die Gefässnerven einfach Schwesterfolgen vom sensiblen Reize.

Es lag mir nun vor Allem ob, die von *Asp* gemachte Beobachtung zu bestätigen, dass die Reizung des Rückenmarkes denselben

---

3) Ich habe desshalb die Curven, welche bei dem anfänglichen Modus der künstlichen Respiration gewonnen sind, planimetrirt, um den mittlern Druck über einem gewissen Zeitraum kennen zu lernen, während ich mich später damit begnügen konnte, die Höhe des Blutdrucks in irgend einem Zeitpunkte durch einfaches directes Abmessen der zugehörigen Ordinate zu bestimmen.

Reflex auf die Gefässnerven auszulösen im Stande sei — wobei natürlich die unterhalb der Reizstelle abgehenden Gefässnerven mittels Durchschneidung des Marks der directen Wirkung des Reizes entzogen sein müssen. Ihre directe Reizbarkeit wird seit den Untersuchungen von *Ludwig* und *Thiry* von Niemanden bezweifelt.[4]) — Um zu sehen, ob ich überhaupt von einer Untersuchung über die Reizbarkeit der Rückenmarkssubstanz ein positives Resultat zu erwarten haben würde, richtete ich diesen Versuch so ein, dass ich z. B. einen Intercostalnerven centripetal reizte und die dadurch entstehende Drucksteigerung mit derjenigen verglich, welche durch ähnlich starke Reizung des Marks in seiner Eintrittsstelle erzielt wurde. Wenn, so schloss ich, die Elemente des Rückenmarkes wirklich reizbar sind, so müssen sie bei der Reizung einen grösseren Effect geben, als der Nerv, dessen Fasern ja nur zu einem Theil des Markes werden. Der Erfolg entsprach den Erwartungen: die Drucksteigerung vom Mark aus war in der That viel bedeutender als die durch Reizung des Intercostalnerven zu gewinnende (vergl. Vers. C, U und W).

Freilich liegt auf der Hand, dass hiermit kein Beweis für die Reizbarkeit des Rückenmarks geliefert ist. Solange der Reiz immer noch Nervenfasern treffen kann, die eine Ganglienzelle noch nicht durchsetzt haben, wie dies in den Hintersträngen der

---

4) Zur Verhütung von venösen Hämorrhagien bei Eröffnung des Wirbelcanals kann ich die auch von *Schiff* angewandte Schiefstellung des Thierkörpers (etwa 45°, Hintertheil nach unten) sehr empfehlen. Hat man gut operirt und namentlich die Vv. intervertebr. zu vermeiden gewusst, so darf das Thier bei der Eröffnung kaum einige Tropfen Blut verloren haben. Ich habe bei der Eröffnung des Wirbelcanals und den in demselben vorzunehmenden Operationen das Penghavar Djambi allen anderen Blutstillungsmitteln vorgezogen. Es reizt die Markflächen nicht und lässt sich von denselben, wenn es die Blutung gestillt hat, ganz reinlich und mit der grössten Leichtigkeit wieder abheben.

Um Platz und Lagerung des Thieres, während seine Arterie mit dem Manomèter in Verbindung steht, eventuell nach Belieben ändern zu können, verband ich das Bleirohrmanometer mit der Canule durch eine kurze Kette von Glasrohrstücken, die durch möglichst kurze Kautschukschläuche dicht aneinander gefügt waren, ein meines Wissens zuerst von ***Moleschott*** angewandter Kunstgriff, den ich überaus bequem fand. Die Arteriencanule muss natürlich mit dem einen Ende der Kette in geeigneter Weise möglichst unverrückbar am Thierkörper befestigt sein.

Fall ist, in welchen die Wurzeln vor ihrem Eintritt in die Hinterhörner noch eine Strecke mit auf- und abwärts verlaufen — so lange, sage ich, liegt natürlich immer noch die Möglichkeit vor, dass doch sie allein es waren, die den Reiz aufgenommen und den erwähnten Effect auf den Blutdruck hervorgebracht haben. Denn es wird auch von *Schiff* nicht geläugnet, dass Reizung der Hinterstränge schmerzhaft empfunden werde, während die Reizung der übrigen »ästhesodischen« Rückenmarksgebilde ohne Erfolg sein soll. Ausserdem aber lässt die Beobachtung *Heidenhain*'s, dass die Abgangsstellen von Nervenästen sich durch eine ganz besondere Reizbarkeit auszeichnen, ein Gleiches auch von den Eintrittsstellen der hintern Wurzeln in das Mark vermuthen, wo dieselben fächerförmig auseinanderstrahlend sich in die Hinterstränge nach allen Seiten hin auffasern. Trotzdem schienen diese Versuche geeignet, über eine allenfallsige Verschiedenheit des Effectes der Reizung von freien Nervenwurzeln und vom Mark auf den Puls, wie sie *Asp* vermuthet hat, und damit eventuell über die eigenthümliche Reizbarkeit der Markfasern einen Aufschluss zu geben und ich habe dieselben desshalb aufs Mannigfachste variirt. Wie wenig ich den eben erwähnten Zweck erreicht habe, soll weiter unten erörtert werden. Hier scheint es von Interesse, zu erwähnen, dass ich u. a. den centralen Stumpf des durchschnittenen Rückenmarks in eine vordere und hintere Hälfte getheilt und jeden derselben für sich gereizt habe. Von beiden erhielt ich Drucksteigerung. Die durch Reizung der vorderen Hälfte erzielte pflegte die vom hintern Lappen aus meist zu übertreffen. (Vers. G, 2 und H, 6.) Vielleicht darf dies einfach aus einer gleichzeitigen Reizung sei es der Gefässnerven in den benachbarten vordern Wurzeln, sei es der Dura erklärt werden, in deren eröffnetem Sack der vordere Lappen noch zu liegen pflegte. Sie scheint eines der empfindlichsten Gebilde des Körpers zu sein (vergl. unten pag. 25). Dann habe ich in ein paar Fällen die Drucksteigerungen verglichen, die vom Marke aus vor und nach Durchschneidung desselben unterhalb der Reizstelle erzielt werden konnten. Erhob sich der Druck vor Durchschneidung von 89,3 Mm. auf 119,7 Mm., so erhob er sich nach derselben immer noch von 95,0 Mm. auf 119,7 Mm. (vergl. E 5, 6, F 3, 4, V und W). Dies lässt schliessen, dass bei Reizung des unverletzten Rückenmarks wohl ein nicht unbeträchtlicher Theil der Drucksteigerung reflectorischer Natur

ist. Aehnliche Versuche, wie die angeführten, siehe weiter unten (pag. 28).[5])

Ungleich wahrscheinlicher würde die Reizbarkeit des Rückenmarks werden, wenn sich beweisen liesse, dass seine Reizung einen noch grössern Effect gebe, als die gleich starke Reizung gleichzeitig sämmtlicher unterhalb der Reizstelle eintretender sensibler Nerven. Die Möglichkeit der Ausführung dieses Versuchs ist durch die anatomischen Verhältnisse des untersten Theils vom Mark gegeben und ich habe eine Reihe von Experimenten unternommen, in welchen ich den Effect der Reizung der Cauda equina einerseits und des untersten Theiles vom Marke andererseits verglich. Indess sind diese Versuche misslicher und unsicherer, als es auf den ersten Blick scheinen könnte. Zunächst sind die Blutungen bei der Eröffnung dieses untersten Theiles vom Wirbelcanal fast gar nicht zu bewältigen und ich habe mir desshalb, weil mir damals noch kein Penghavar zu Gebote stand, mit kleinen Baumwollbäuschen zu helfen gesucht, die mit Eisenchlorid befeuchtet waren. Diese Substanz hat mir aus begreiflichen Gründen mehrere Versuche verdorben. — Dann aber ist es kaum zu vermeiden, dass Stromesschleifen nach den in der Nähe gelegenen grossen Nervenwurzeln gehen. Ich habe zwar in der That von dem untersten Ende des Marks einen grössern Effect bekommen können, als von der Cauda equina und ich konnte auch vom untersten Mark aus eine bedeutendere Drucksteigerung erzielen, als durch directe Reizung der letzten Nervenwurzeln. Als ich aber später zur Controle den Nerv eines Froschschenkelpräparates den Abgangsstellen der grossen Nervenwurzeln anlegte, da bestätigte sein Tetanus bei Reizung des untersten Endes vom Rückenmark meine Befürchtung, es möchten Stromesschleifen nach denselben gegangen sein und verbot mir weitere Schlüsse aus den in Rede stehenden Versuchen zu ziehen.

Ich habe desshalb diesen Weg der Beweisführung verlassen und einen directeren betreten. Der Gang der Versuche, die ich jetzt unternahm, war im Allgemeinen der, dass ich den centralen Stumpf eines durchschnittenen Rückenmarks eine Strecke

---

5) Einmal erhielt ich bei Reizung des Hirnendes vom durchschnittenen Mark statt einfacher Erhebungen, eine Suite von klonischen Krämpfen des reflectorischen Organs. Der Druck stieg jedesmal rapide auf eine nicht unbeträchtliche Höhe, um sogleich ebenso rapide wieder abzusinken. (W 1.)

weit seiner Hinterstränge und des hintern Theils seiner Seitenstränge vollständig beraubte, so dass die grauen Hinterhörner zu Tage lagen. Wenn noch auf Reizung des so präparirten Stumpfes eine Drucksteigerung aufträte, so würde jetzt erst die eigenthümliche Reizbarkeit der »ästhesodischen« Rückenmarkselemente erwiesen sein. Die schon früher erwähnten Versuche, wo auf Reizung der vorderen Hälfte eines der Länge nach getheilten Rückenmarksstumpfes eine namhafte Drucksteigerung eintrat, liessen auch bei dem in Rede stehenden Experimente von vornherein einen günstigen Erfolg voraussehen. Freilich waren noch mehrere Fehlerquellen zu eliminiren: zunächst konnte der Reiz ja die mit dem präparirten Stumpfe noch in Zusammenhang stehenden vordern Wurzeln treffen, und auf diesem Wege Drucksteigerung erzeugen; sie mussten also durchschnitten werden. Dann hatte man sich durch ein reizbares Froschschenkelpräparat, dessen Nerv auf die obere Grenze der durchschnittenen Hinterstränge gelegt wurde, vor dem Einwand sicher zu stellen, es möchten Stromesschleifen nach oben in das Gesammtmark gelangt sein. Endlich durften aber auch keine Stromesschleifen nach anderen sensiblen Gebilden gehen, die mit der Medulla obl. in leitender Verbindung standen. Eine Beobachtung hatte mich in dieser Beziehung zu besonderer Vorsicht ermahnt. Es interessirte mich nämlich, den Grad der sensiblen Erregungen kennen zu lernen, welche die vorbereitenden, oben erwähnten operativen Eingriffe am Mark veranlassen (vergl. Vers. d). Da zeigte es sich denn, dass die einfache Eröffnung des Durasackes schon eine ganz überaus bedeutende Drucksteigerung zu erzeugen im Stande sei, und ich kann es nur dem schon früher erörterten Umstande der Ermüdung des reflectorischen Organs zuschreiben, wenn die unmittelbar darauf folgende Ablösung der Hinterstränge — gewiss eine der ausgesucht schmerzhaftesten Operationen, die sich am Thierkörper vornehmen lassen — den Blutdruck nicht höher empor zu treiben im Stande war, als die Verletzung der Dura. Wir kennen die Nervenvertheilung in letzterer zu wenig, als dass ich es unterlassen durfte, auch sie bei unserem Versuche vor Stromesschleifen sicher zu stellen. Es galt also den Stumpf so zu lagern, dass er mit keinem anderen Körpertheile (das Rückenmark selbst natürlich ausgenommen) in elektrischleitender Verbindung stand. (Ich pflegte ihn herauszunehmen und auf einem Glasplättchen oder, was ich noch zweckmässiger

fand, auf sogenanntes Guttaperchapapier zu legen.) Ist dies noch erreicht, so ist der Versuch, wie mir scheint, ganz einwurfsfrei und der gesammte Effect, der durch Reizung des centralen Rückenmarksstumpfs erzielt wird, muss auf die Erregung der »ästhesodischen« Rückenmarkselemente bezogen werden.

Das Experimentum crucis ist also nach dem Gesagten folgendermaassen anzustellen:

Das Rückenmark des curarisirten Thieres, bei dem die künstliche Respiration eingeleitet und in die Carotis eine Canule gesetzt ist, wird auf einige Wirbellängen blosgelegt und im unteren Theil der Wunde durchschnitten. Dann wird die Dura über dem centralen Stumpf eröffnet und mittelst eines feinen sehr scharfen Messerchens etwas nach aussen von den Furchen zwischen Hinter- und Seitensträngen, also ausserhalb der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln, beiderseits ein Längsschnitt geführt. Man bringt alsdann das Messerchen unter die von den Seitentheilen getrennte Markmasse und hebt nun durch vorsichtige langgezogene Schnitte diese von der vorn anliegenden grauen Substanz. Es gelang so die hintere Markmasse bis in die Hinterhörner hinein von den übrigen Theilen des Rückenmarksstumpfes abzulösen, so dass man diesen der Länge nach in zwei Theile gespalten hat, deren einer vorzugsweise die Hinterstränge, der andere aber die Vorderstränge, den grössten Theil der Seitenstränge und den grössten Theil der grauen Substanz umfasst und die beide isolirt gereizt werden können. Die vordern Wurzeln werden nun entweder mit einer Nadel neben dem Stumpfe durchrissen, oder während des Herausnehmens desselben mit der Scheere nacheinander durchschnitten. Das Herausnehmen ist meist von heftiger Blutung aus den Venen des Wirbelcanals begleitet. Man stillt diese durch rasches Ausfüllen des Canals mit Schwammstücken. Das freie Hirnende des Marks wird alsdann durch eine dünne Guttaperchaplatte, die man unterschiebt, vom Thierkörper isolirt und durch Serum oder $^1/_2$ procentige Kochsalzlösung vor dem Vertrocknen geschützt und endlich an die obere Grenze der präparirten Partie des Marks der Nerv eines Froschschenkelpräparats angelegt.

Bei der Reizung des seiner Hinterstränge beraubten Stumpfes zeigte sich nun, dass das Rückenmark nicht nur sensible Reize aufzunehmen im Stande ist, sondern zugleich, dass es eines der reizbarsten Gebilde des Thierkörpers ist. Schon ein einfaches

Streichen mit einer stumpfen Nadel (X 2, 6; f 5), Wechselströme, die an der Zungenspitze nicht gefühlt werden konnten (c 2), sind im Stande gewesen, eine nicht unbedeutende Drucksteigerung zu erzeugen. Zugleich haben wir hier einen der sichersten Reizungsversuche vor uns. Selbst in den Experimenten, die ich aus anderen Gründen für misslungen halten muss, hat mir der in Rede stehende Effect vom präparirten Rückenmarksstumpfe aus nie gefehlt (vergl. auch Vers. i). Wiederholt habe ich bemerkt, dass momentane mechanische Reize, wie z. B. ein Scheerenschnitt und dergleichen ohne Effect blieben, während ein solcher doch durch länger anhaltende, wenn auch an sich viel schwächere mechanische Reize, wie z. B. das Streichen mit der stumpfen Nadel, hervorgebracht werden konnte.

Um diese letztere Erscheinung weiter zu verfolgen, habe ich den seiner Hinterstränge beraubten Stumpf mit je einem heftigen Inductionsschlage eines grösseren Schlittenapparates von Siemens und Halske gereizt, und dabei ebenfalls keine Drucksteigerung beobachten können, selbst dann nicht, wenn das Mark alle drei Secunden von einem solchen Schlage getroffen wurde.[6]) Derselbe Stumpf reagirte nachher auf Wechselströme, die auf der Zunge kaum fühlbar waren, und auf Streichen mit der stumpfen Nadel ganz vortrefflich. Eine ähnliche Beobachtung hat übrigens *Setschenow* bekanntlich auch für die gewöhnlichen Rückenmarksreflexe auf willkürliche Muskeln gemacht (cf. Vers. e und f). — Dem eben erörterten Umstand mag es wohl auch zuzuschreiben sein, dass ich durch sehr heftig wirkende chemische Reize, wie z. B. Benetzen des Stumpfs mit concentrirter Salpetersäure, Auflegen eines Kalistückchens und dergleichen, deren reizende Wirkung auf die Nervensubstanz bekanntlich auf momentaner Zerstörung derselben beruht, niemals eine Drucksteigerung vom Mark aus erzeugen konnte (c 4, 5). Wohl aber gelang es mir einmal, durch Auflegen eines mit 5procentiger Kalilauge getränkten Schwämmchens eine deutliche Wirkung in Form von krampfartigen Erregungen des reflectorischen Organs zu erhalten (e 4).

Um die Bahnen kennen zu lernen, welche den Reiz aufnehmen und auf die Medulla übertragen, habe ich den Stumpf

---

6) Die geringe Drucksteigerung in e, 1 und 2 muss wohl der gleichzeitigen Pulsbeschleunigung zugeschrieben werden. Sie fehlt bei der Druckerhöhung durch Wechselströme (Nr. 3).

in Vorder- und Seitenstränge getheilt und einmal auch zugleich die graue Substanz isolirt. Leider habe ich nur zwei derartige Versuche angestellt. Reizung der Vorderstränge blieb immer ohne Effect. Reizung eines Seitenstrangs dagegen hatte stets eine wenn auch kleine Drucksteigerung zur Folge; von der grauen Substanz aus erhielt ich keine Wirkung. Uebrigens erlaubt mir die geringe Zahl der in dieser Beziehung angestellten Versuche nicht, aus ihnen irgend welche sichere Schlüsse zu ziehen (h 5—10, k 7—10). Auch die Hinterstränge habe ich einige Mal isolirt gereizt (Vers. Z 1, 2. k 3, 4). Die von ihnen erzeugten Drucksteigerungen waren relativ kleiner, als die durch gleichen Reiz vom vorderen Rückenmarksstumpf zu erzielenden. — Reizung des peripherischen Rückenmarksstumpfs (meist die obere Grenze des Lendenmarks) erzeugte Drucksteigerungen, welche theils grösser (Z 6), theils aber auch kleiner (cf. Y 4, 5 und 6, 7) waren, wie die reflectorischen vom centralen Stumpfe aus (vergl. pag. 23). Stets war mit denselben eine mehr oder minder beträchtliche Pulsverlangsamung verbunden.

Wir haben bisher das Zustandekommen unseres Reflexes von den sensiblen auf die Gefässnerven in die Medulla oblongata verlegt. Es sprechen für diese Annahme so viele Thatsachen, dass die Beobachtungen *v. Bezold*'s, wornach das Sensorium selbst der Sitz jener reflectorischen Uebertragung sei, höchst auffallend erscheinen mussten. Trennung des grossen Gehirns von der Medulla sollte den Reflex nicht zu Stande kommen lassen. Als ich es unternahm, diese Beobachtungen zu wiederholen, fand ich gleich beim ersten Versuch (a) zu meinem grossen Erstaunen, dass nach der Trennung des Grosshirns von der Medulla obl. die heftigste mechanische oder elektrische Reizung des N. ischiadicus auf den Blutdruck in der That ohne alle Wirkung blieb. Als ich aber, um zu sehen, ob Reizung des Rückenmarks dasselbe negative Resultat gäbe, den Wirbelcanal eröffnete, da bemerkte ich, dass der Durasack prall mit Blut gefüllt war, welches bei der Eröffnung desselben ausfloss. Sofort war aber jetzt die Reizung des Ischiadicus sowohl, wie die des Markes von der gewohnten Wirkung auf den Blutdruck begleitet. Ob das im Durasack angesammelte Blut durch seinen Druck eine Circulationsstörung im Marke veranlasste und darum jene Erscheinung verursachte, oder ob der Druck des ausgetretenen Blutes an sich schon eine paralysirende Wirkung auf die Rückenmarkselemente hervor-

zubringen im Stande ist, vermag ich nicht zu entscheiden.[7]) Bei einem zweiten Versuche trat trotz der vollständigen Trennung des Zusammenhangs von Gehirn und Medulla oblongata die Drucksteigerung auf Reizung des Ischiadicus schon bei uneröffnetem Wirbelcanal sehr schön ein: es zeigte sich aber auch der Durasack diesmal von Blut nicht erfüllt.

Durch die vorstehenden Versuche ist unwiderlegbar bewiesen, dass innerhalb des Rückenmarks ein System von Fasern vorkommt, welche, obwohl sie nicht zu den Nervenwurzeln gehören, den directen Reizen zugängig sind, die zugleich die empfangene Erregung durch die ganze Länge des Rückenmarks hindurch fortpflanzen und sie endlich in der Medulla oblongata auf motorische Nerven übertragen. Will man diese Fasern nicht als sensible in engerem Wortsinn betrachten, so muss man sie jedenfalls als ein Analogon derselben, etwa als sogenannte excitomotorische ansehen. Wägt man die Gründe ab, welche für die eine oder die andere Unterstellung sprechen, so scheint es mir als ob sich die Annahme sensibler Fasern mindestens nicht widerlegen lasse. Dazu kommt, dass die Erscheinungen, welche innerhalb der Gefässmusculatur vom Rückenmark aus hervorgerufen werden können, so vollständig denjenigen gleichen, welche durch die Erregung ausgesprochen sensibler Nerven veranlasst werden, dass kein Verdacht entstehen kann, als ob in beiden Fällen zwei wesentlich verschiedene Sorten von Nerven der Ausgangspunkt jener Erscheinungen gewesen wären. Es hiesse also eine durch nichts gerechtfertigte Complication in die Erklärung einführen, wenn man ein besonderes excitomotorisches System annehmen wollte.

Das Verhalten des Pulses bei sensiblen Reizen haben wir bei den obigen Auseinandersetzungen ganz ausser Acht gelassen und zwar aus dem Grunde, weil es, wenn auch für sich von grossem Interesse, doch für die Beurtheilung der Wirkung des sensiblen Reizes, der Blutdrucksteigerung durch reflectorische Arterienverengerung, von mehr untergeordnetem Werth ist (vergl. übrigens pag. 20) und dann, weil es zu verwickelt

7) Die letztere Möglichkeit wird durch den Umstand angedeutet, dass der präparirte und herausgenommene Rückenmarksstumpf, in welchem doch die Circulation wohl gänzlich aufhört, von seiner Reizbarkeit nach 15 und mehr Minuten oft nur wenig eingebüsst hat.

und unregelmässig ist, eine Eigenschaft, welche es bei Erregung aller der sensiblen Gebilde beibehält, die ich bei meiner Untersuchung mit Reizen behandelt habe. Da es bei dieser Inconstanz der Resultate nicht möglich ist, diese zu einem Gesetze zusammenzufassen, so muss ich mich darauf beschränken, sie in einfacher Aufzählung einander gegenüber zu stellen.

Gleich der erste (Vor–)Versuch ist in Beziehung auf die Verhältnisse des Pulses besonders lehrreich.

In der ersten Reizung vor dem Aderlasse (Nr. 2) zeigt sich in Folge der Druckerhöhung eine Verlangsamung des Pulses, welche beim vorübergehenden Absinken des Drucks nachlässt. Anders nach dem Aderlasse; hier tritt mit der Drucksteigerung eine Beschleunigung des Pulses auf, wahrscheinlich durch reflectorische Erregung der excitirenden Herznerven, deren Nachlass ein kurz dauerndes geringes Absinken des Drucks zur Folge hat. Es lässt sich dieser Fall, wie man sieht, leicht unter die bekannten Gesetze subsumiren. Allein dies trifft nicht immer zu: Pulsverlangsamung kommt auch unabhängig von der Höhe des Drucks, ja in manchen Fällen ohne alle Erhöhung desselben zu Stande (vergl. C 4, Q 1). Für sie muss eine directe erregende Wirkung von den sensiblen Nerven aus auf die Vagusursprünge angenommen werden. Dann beobachtet man aber auch bei höherem Anfangsdruck neben geringer wie neben bedeutender Drucksteigerung statt der Verlangsamung entweder eine Beschleunigung des Pulses oder auch (und zwar sehr häufig) keine Veränderung desselben (z. B. Vers. V, W 2, X 8, a, i u. s. w.).

In sehr vielen Fällen von Reizung sensibler Gebilde sind Veränderungen des Pulses in dem einen oder anderen Sinne zugleich zu beobachten, so zwar, dass sie entweder schon während der Reizung miteinander abwechseln (z. B. a 5) oder dass die eine die gegentheilige ersetzend als Nachwirkung nach beendigtem Reize auftritt. So steigt z. B. (ein sehr häufiges Vorkommen; vergl. u. a. D) der Druck mit raschen Pulsen an, welche sogleich nach der Reizung durch sehr langsame ersetzt werden; in k 2 zeigte sich nach den Vaguspulsen beim Ansteigen, Beschleunigung des Pulses als Nachwirkung beim Abfalle. Viele der in Rede stehenden Fälle fügen sich der *Asp*'schen Hypothese, wornach die Wirkung des sensiblen Reizes auf das Centrum der beschleunigenden Herznerven und die Wirkung des erhöhten Blutdrucks auf das Vaguscentrum gleichzeitig auftreten sollen

und es nur von der jeweiligen Erregbarkeit des einen oder des anderen abhänge, welche Wirkung die Oberhand behalte. Der Reflex auf die excitirenden Herznerven höre mit der Reizung auf, die Erregung des Vaguscentrums dagegen sei einer bedeutenden Nachwirkung fähig, welche die nach Beendigung des Reizes so häufig sich zeigende Pulsverlangsamung erkläre. — Für viele andere Fälle dagegen hat die Annahme etwas sehr Ansprechendes, dass die Pulsbeschleunigung nicht blos durch eine reflectorische Wirkung des Reizes auf die excitirenden Herznerven, sondern auch durch eine reflectorische Verengerung der die Vagusursprünge versorgenden Arterien bedingt sein könne. Die Contraction der Gefässe des Körpers scheint nur bei kürzeren Reizungen ganz gleichmässig andauernd zu sein und die normaler Weise vorkommenden beständigen Schwankungen des Lumens der einzelnen Arterien dürften vielleicht nur bei ganz starken Reizen völlig ausgelöscht sein. So würde z. B. eine vorübergehende Erweiterung der Arterien des Vaguscentrums während der Reizung die Pulsverlangsamung ohne besonderen Abfall, länger nachdauernde Verengerung derselben die beschleunigende Nachwirkung des Reizes erklären, die besonders bei sehr allmähligem Absinken des Drucks oft noch eine sehr bedeutende ist (siehe Vers. A, B, vergl. auch k 2). Intercurrente Erweiterung vieler oder sämmtlicher Arterien, wie sie vornehmlich bei länger dauernden Reizungen sich beobachten lässt, wird dann während der Reizung ein oft rhythmisch auftretendes Abfallen des Drucks bedingen, welches entweder mit mehr oder weniger bedeutender Verminderung der Pulszahl — ein überaus häufiges Vorkommniss (E 3, F 4, G 2, 4, P 2, 5 u. s. w.) oder auch (seltner) mit Vermehrung derselben verbunden ist.[8])

So mag sich auch erklären, dass nach Exstirpation der beiden Ganglia stellata sowohl in einigen der *Asp*'schen wie auch in meinen Versuchen (K, L und M) noch eine geringe Pulsbeschleunigung neben beträchtlicher Drucksteigerung auftreten konnte.

Was den Einfluss des Reizortes auf das Verhalten des Pulses

---

8) Die ausserordentliche Pulsverlangsamung beim Abfall in g 5 dagegen dürfte wohl nur aus einer reflectorischen Wirkung des Reizes auf den Vagus zu erklären sein. Der Blutdruck erreicht in diesem Versuche niemals die Höhe des gewöhnlichen Drucks in der Kaninchencarotis.

betrifft, so habe ich durchgreifende Unterschiede nicht bemerken können. Die von *Asp* beschriebene Pulsbeschleunigung bei (elektrischer) Reizung des centralen Rückenmarksstumpfes ist nach meinen Versuchen ein keineswegs constantes Phänomen. Abgesehen von dem schon oben erwähnten Falle der Pulsverlangsamung ohne Drucksteigerung (Q 1) habe ich eine solche neben bedeutenden sowohl (Y 4, E 6) wie neben geringen Druckerhöhungen (Z 9) beobachten können. Andre Male blieb sich die Frequenz und zwar gleichfalls bei schwachen Drucksteigerungen eben sowohl (z. B. k 5, 6 und öfters) als auch bei stärkern (W 2, 3) vollständig gleich.

Auch die Natur des Reizes zeigte sich für die Art der Veränderung des Pulses durchaus nicht maassgebend. Einige Male konnte ich durch mechanische Reize allerdings eine Verlangsamung (U 2, W 5), andere Male aber gar keine Veränderung (U 5, W 6; X 2, Y 10, f 3—5), in noch anderen Fällen dagegen eine Beschleunigung des Pulses erzeugen (E 8, Y 8).

Was den Einfluss der Stärke des Reizes betrifft, so ist auch dieser im Ganzen ein sehr inconstanter. Bei demselben Reize kann das Verhalten des Pulses die grössten Unregelmässigkeiten darbieten (Z 9—12). Allerdings pflegten stärkere Reize den Puls eher zu beschleunigen als schwächere und lieferten vom Marke aus, aus begreiflichen Gründen, fast stets eine mehr oder weniger bedeutende Erhöhung seiner Frequenz — aber auch dies nicht ausnahmslos. In W 2 und 3 z. B. bewirkt auch die stärkste Reizung des Marks keine Veränderung der Pulszahl, in U 8 dagegen erzeugt diese vom Intercostalnerven aus eine Verlangsamung des Pulses, der bei schwächeren Reizungen stets gleich geblieben war.

Wiederholt habe ich bemerkt, dass die Pulsbeschleunigung besonders in den Fällen sehr auffallend gewesen ist, wo wegen mangelhafter künstlicher Respiration, wie sie durch die Hand eines Gehilfen geschah (vergl. pag. 21), schon vor der Reizung Vaguspulse bestanden. Man vergleiche nur in dieser Beziehung die Versuche A, B, E, F, G, H, M mit den spätern[9]), in welchen der vollkommneren künstlichen Respiration wegen die Pulszahl von vornherein eine weit bedeutendere war als in jenen, und in

9) Man beachte dabei, dass in den Versuchen A—K die angegebene Pulszahl sich auf eine Zeiteinheit von ca. 1,6 Sec. bezieht.

denen die Pulsbeschleunigung in überaus vielen Fällen gänzlich fehlte und, wo sie aufgetreten, eine relativ nur unbedeutende gewesen ist. Vielleicht darf man dabei an die Beobachtungen *J. Rosenthal*'s denken, welcher die gewöhnlichen Reflexkrämpfe strychninisirter Thiere ausbleiben sah, sowie er diese apnoisch gemacht hatte. Vielleicht mag aber auch eine Erregung der Vagusursprünge überhaupt leichter hervorzurufen, als zu steigern sein. In einem (leider einzigen) Versuche (I) habe ich bei bestehendem Vaguspulse die Aorta comprimirt und trotz beträchtlicher Drucksteigerung keine Beschleunigung desselben erzielen können. In einem anderen Falle (C und D), wo keine Kohlensäurevergiftung bestand, stellte sich eine namhafte Pulsbeschleunigung auf sensible Reize erst dann ein, als eine Verlangsamung des Pulses als Nachwirkung von den Reizungen aufgetreten war, während diese anfänglich die Pulsfrequenz primär herabgesetzt hatten.

Auf eine weitere Verfolgung der hier angeführten Erscheinungen und Hypothesen habe ich verzichtet: sie lag zu sehr ausserhalb des Plans meiner Untersuchung.

Versuchstabellen.

Sämmtliche Thiere (Kaninchen) waren curarisirt. Die künstliche Respiration geschah in den ersten Versuchen durch die Hand eines Gehilfen, später mittelst der Maschine (vgl. pag. 21). Der Blutdruck wurde in der Carotis und zwar (wo nicht das Gegentheil bemerkt ist) mit dem Quecksilbermanometer gemessen.

Vorversuch.

Kaninchen curarisirt, rechter N. cruralis gereizt. Federmanometer.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck
1. Vor der ersten Reizung	4.7	20
2. Erste Reizung des Nerven	3.5	34
Während der Reizung vorübergehender geringer Abfall	4.5	
Die Reizung dauert 9 Sekunden.		
3. Vor der zweiten Reizung		21
4. Zweite Reizung (16 Sekunden dauernd) .		29

		Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck
	Dasselbe Thier nach einem starken Aderlasse:		
1.	Vor der ersten Reizung	4.3	9
2.	Während der ersten Reizung	5	18.5
	Während der Reizung ein kurzdauerndes und geringes Absinken	4.0	
	Die ganze Reizung dauert 16 Sekunden.		
3.	Vor der zweiten Reizung.		11
4.	Während der zweiten Reizung		17
	Die Reizung dauert 16 Sekunden.		

Versuch A.

Kleines Kaninchen, curarisirt; Wirbelsäule vom 9. bis 11. Brustwirbel eröffnet; Mark nicht durchschnitten.

		Puls in der Zeiteinheit*)	Mittlerer Druck in Millimetern**)
1.	Vor der Reizung	4	104.5
2.	Reizung des 11. linken Intercostalnerven.	4.5	123.5
3.	Reizung des Marks		186.7
4.	19 Zeiteinheiten nach der Reizung des Marks	9	144.4

Versuch B.

Dasselbe Kaninchen.

1.	Vor der Reizung	3.5	93.1
2.	Reizung der n. ischiad. sin.	6.5	172.9
3.	Während der nächsten 7 Zeiteinheiten nach Reizung des Nerven	5	163.4
4.	Reizung des Marks	8	193.8
5.	8 Zeiteinheiten nach beendigter Reizung des Marks.	7	152
	Nach vollendetem Abfall	4.5	

Versuch C.

Grosses Kaninchen, curarisirt. Rückenmark im 1. Lendenwirbel durchschnitten; über der Durchschnittsstelle gereizt.

1.	Vor der Reizung	6.6	72.2
2.	Reizung des 11. rechten Intercostalnerven.	6.3	76

*) Dieselbe beträgt etwa 1.6 Sekunden.

**) Vgl. pag. 21 Anm.

C	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
3. Vor der nächsten Reizung	6	76
4. Reizung des Nerven verstärkt.	4.3	76
Der Druck hebt sich zu Ende der Reizung auf 83.6.		
5. Nach der Reizung	6	
6. Erste Reizung des Marks	5.7	115.9
7. Unmittelbar nach der Reizung	3.6	
8. Zweite Reizung des Marks	6.5	133
9. Abfall von 133 zu 79.8	4	
10. Dritte Reizung des Marks.	6.5	115.9
11. Abfall von 115.9 zu 70.3	4.2	
12. Nach beendetem Abfall	5.5	76
13. Vierte Reizung	7.5	125.4
14. Während des Abfalls	3.3	

Versuch D.

Dasselbe Kaninchen; Elektroden theils vorn, theils hinten ans Mark angelegt.

1. Vor der Reizung	5.5	108.3
2. Reizung des Marks (Elektroden auf den Hintersträngen)	6.6	133
3. Abfall auf 93.1 Druck mit 3 Pulsschlägen.	0.9	
4. Nach vollendetem Abfall	2.2	100.7
5. Zweite Reizung des Marks (Elektroden vorn) Abfall direct, ohne Pulswelle.	6	131.1
6. Nach demselben	2.3	100.7

Versuch E.

Grosses Kaninchen curar.; das Rückenmark im vorletzten und letzten Lendenwirbel blosgelegt (nicht durchschnitten).

1. Vor der Reizung	2.5	93.1
2. Reizung des n. ischiad. sin.	6.3	119.7
3. Abfall während der Reizung	3.3	96.9
Die Reizung dauert 36 Sekunden.		
4. Nach derselben	2.5	
5. Vor der nächsten Reizung	2.6	89.3
6. Reizung des Marks (sie dauert 18 Sekunden)	7.5	119.7
7. Während der 12. bis 18. Sekunde nach der Reizung des Marks	5.5	106.4
8. Durchschneidung des Marks	6.3	121.6

Versuch F.

Dasselbe Kaninchen nach der Durchschneidung des Marks im letzten Lendenwirbel.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	3	93.1
2. Reizung des Marks:		
Erstes Stadium (7 Sekunden dauernd)	3	114
Zweites Stadium (6½ Sekunden dauernd)	6.3	121.6
Drittes Stadium (17 Sekunden dauernd)	3.8	104.5
3. Vor der nächsten Reizung	3.2	95
4. Zweite Reizung des Marks		119.7
Ansteigen ohne Pulsbeschleunigung; nachher Abfall während der Reizung mit sehr langsamen Pulsen. Später gegen Ende der Reizung	8	

Versuch G.

Kaninchen curarisirt. Das Mark der drei letzten Brustwirbel blosgelegt, in eine vordere und hintere Hälfte getheilt und die letztere in der Höhe des untersten Brustwirbels durchschnitten.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.6	76
2. Reizung der hintern Hälfte an der Vorderseite des abgetrennten Lappens.		
Erstes Maximum	4.5	110.2
Erstes Minimum	3.1	79.8
Zweites Maximum	3.7	108.3
Zweites Minimum.	3.2	81.7
Mittl. Druck d. ges. Reizung (während 22 Sekunden).		95
3. Die nächsten 5 Sekunden nach beendigter Reizung der hinteren Hälfte	2.5	81.7
4. Reizung der vordern Hälfte an ihrer hintern Seite.		
Erstes Maximum	5	125.4
Erstes Minimum	3	100.7
Zweites Maximum	5	127.3
Zweites Minimum.	—	104.5
Drittes Maximum	—	125.4
Drittes Minimum	4	110.2
Viertes Maximum.	5	121.6
Mittl. Druck d. ges. Reizung (während 19 Sekunden)		110.2

Versuch H.

Dasselbe Kaninchen wie in G.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.3	57.0
2. Reizung des gesammten Rückenmarks	4.6	136.8
Abfall in 3 Sekunden mit 2 Pulsschlägen.		
3. Nach der Reizung	1.5	83.6
4. Zweite Reizung d. ges. Marks	4.3	133.0
Abfall in 2½ Sekunden mit 2 Pulsschlägen.		
5. Nach der Reizung	1.5	83.6
6. Reizung des vorderen Lappens; derselbe unterhalb durchschnitten	4	144.0
7. Während der Reizung langsamer Abfall	2.3	104.5
8. 6½ Sekunden nach der Reizung	1.5	93.1

Versuch I.

Dasselbe Thier.

	Puls in der Zeiteinheit
1. Vor der Aortencompression	2
2. Während der Compression der Aorta (Der Druck steigt um etwa 47.5 Millimeter)	2

Versuch K.

Kaninchen curarisirt. Das rechte u. linke Ganglion stellatum exstirpirt. Nur links ein Herzast erhalten. Rückenmark im 10. Brustwirbel durchschnitten; oberhalb der Durchschnittsstelle gereizt.

	Puls in der Zeiteinheit	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	5	53.2
2. Reizung des Marks (51 Sekunden dauernd) Der Druck steigt stetig. Zu Ende derselben	5.5	98.8
Abfall gleichmässig in 55 Sekunden zur Norm.		
3. 10 Sekunden nach der Reizung	4.7	
4. Später	5	

Versuch L.

Kaninchen cur., Rückenmark im 11. Brustwirbel blosgelegt, durchschnitten; oberhalb der Durchschnittsstelle gereizt.

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
1. Vor der Reizung	2.7	106.4
2. Reizung des Marks. Anfangs	3.2	
Später	3.4	152.0

	Puls in der Sekunde	Mittlerer Druck in Millimetern
L. Vor dem Ende der Reizung einige Vaguspulse. Die Reizung dauert 38 Sekunden. Abfall zur Norm, stetig in 70 Sekunden.		
3. 4 Sekunden nach der Reizung	3.3	148.2
4. Zuletzt	2.8	

Versuch M.

Dasselbe Thier nach Exstirpation der beiden Gangl. stell. (das linke war vollständig, das rechte zum grössten Theil entfernt).

1. Vor der Reizung	2.4	102.6
2. 25 Sekunden nach Beginn der Reizung . .	2.5	146.3
Gegen Ende der Reizung intermittirender Puls. Die Reizung dauert 37 Sekunden.		
3. Nach dem Abfall	2.6	

Versuch N.

Kaninchen cur. Das unterste Ende des Marks mit der cauda equ. blosgelegt.

1. Vor der Reizung	89.3
2. Reizung der cauda	152.0
3. Vor der Reizung des Marks.	106.4
4. Reizung des untersten Endes vom Mark .	165.3

Versuch O.

Dasselbe Thier wie bei N.

1. Vor der Reizung	87.4
2. Reizung der cauda	131.1
3. Nach dem Abfall	95.0
4. Reizung des untersten Theils vom Mark .	163.4
5. Nach dem Abfall	100.7
6. Reizung der cauda	102.6
7. Reizung des Marks, unmittelbar nach 6. .	142.5

Versuch P.

Kaninchen cur. Unteres Ende des Marks blosgelegt.

	Puls in der Sekunde	Druck steigt*) von	auf	in ? Sek.
1. Vor der Reizung. Druck = 106.4. .	4			
2. Reizung des untersten Endes vom Mark	4	102.6	146.3	3
3. Abfall während der Reizung	3.4			
4. Nach der Reizung	3.2			

*) pag. 21 Anm.

P	Puls in der Sekunde	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
5. Reizung der letzten Nervenwurzeln .	3.3	112.1	142.5	3
Nach dem ersten Ansteigen Abfall auf etwa 121.6 mittl. Höhe.	2.2			
6. Reizung des untersten Endes vom Mark				
Bei Rollen-Abstand 14	3.3	114	144.4	2.5
» » » 12	3.3	136.8	150.1	2.5
» » » 11		133.0	148.2	4
» » » 10*)	3.6	133.0	148.2	3
7. Nach der Reizung intermittirender Puls; 1 Minute später normal.				

Versuch Q.

Dasselbe Kaninchen wie bei P; Reizung des untern Endes vom Mark.	Puls vor und währ.d.Reiz. in d. Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
1. Reizung des Marks	3.5 — 2.6	104.5	100.7	
2. Reizung bei Rollen-Abstand 11 . . .	3.5 — 3	104.5	140.6	2.5
3. Reizung des Marks mit steigenden Reizen.				
Bei Rollen-Abstand 15.	3.5 — 3.2	110.2	131.1	2
4. 5 Sekunden nach Beginn der Reizung: Abfall auf 115.9	3.6			
Bei Rollen-Abstand 14	3.3	115.9	138.7	2
» » » 10.			148.2	
Gegen Ende der Reizung rhythmisches Absinken mit Vaguspulsen. (Auf der Höhe meist drei Pulse in der Sek., beim Absinken langsamer.)				

Versuch U.

Kaninchen cur., der rechte 10. Intercostalnerv blosgelegt, durchschnitten und central gereizt; Wirbelsäule an der Eintrittsstelle des Nerven eröffnet.

	Puls	von	auf	in ? Sek.
1. Vor der Reizung	5			
2. Mechanische Reizung des Centralstückes vom Nerven		108.3	134.9	2.5
Abfall mit 4 Pulsen in der Sekunde; eine zweite kleine Erhebung unmittelbar darauf mit 4.2 Pulsen. Abfall von da mit 4.5 Pulsen.				

*) Bei Rollen-Abstand 10 sind die Rollen vollkommen über einander geschoben.

U	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3. Elektrische Reizung des Nerven bei Rollen-Abstand 18	4.5 — 4.5	104.5	133.0	8
4. Zweite Reizung mit Rollen-Abstand 18	5.0 — 5.0	102.6	119.7	3
5. Mechanische Reizung des Nerven . .	5 — 5	112.1	133.0	3
6. Während des Abfalls	4.5			
7. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 17.	5 — 5	102.6	123.5	
8. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 10.	5—4.5	102.6	127.3	

Versuch V.

Dasselbe Thier; die Elektroden auf die Hinterstränge gesetzt. Mark intact.

1. Steigender Reiz; Rollen-Abstand 30.	4 - 3.6	70.3	123.5	
Rollen-Abstand 24	4—3.3	95.0	140.6	
2. Nach dem Abfall	4			
Rollen-Abstand 20, 18, 10 (nacheinander)		102.6		171
Langsamere Pulse (1.8 in der Sek.) und raschere (4.2 in der Sek.) wechseln mit einander ab.				
Nach der Reizung: Puls anfangs rasch, später sehr langsam, dann intermittirend und endlich wieder normal.				
3. Zweite elektrische Reizung. Rollen-Abstand zwischen 20 und 30.	3.4—3	95	144	
4. Dieselbe Reizung	3—2.7	102.6	123.5	

Versuch W.

Dasselbe Thier wie bei U und V; Mark unterhalb der Eintrittsstelle des Nerven durchschnitten; oberhalb des Schnittes gereizt.

1. Auf eine erste mechanische und elektrische Reizung kommt eine Suite klonischer Krämpfe des reflectorischen Organs. (Etwa alle 2—3 Sek.). z. B.		83.6	112.1	1
(Abfall in der nächsten Sekunde auf 81.7.)				

W	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
2. Steigender Reiz von Rollen-Abstand 30—10 in 54 Sekunden Dauer (mit stetigem Ansteigen des Drucks) . . .	4.5 — 4.5	79.8	136.8	
3. Steigender Reiz von Rollen-Abstand 20 an. (Stetiges Steigen des Drucks) Vor Roll.-Abst. 10 ein kurzer Abfall, bei RA. 10 Druck wieder = 129.2.	4.5 — 4.5	70.3	136.8	
4. Nach dem Abfall	3.7			
5. Mechanischer Reiz	4.6 — 4.5	77.9	89.3	
6. Mechanischer Reiz	4.5 — 4.5	77.9	98.8	

Versuch X.

Kaninchen cur. Rückenmark im 9. bis 11. Brustwirbel blosgelegt. Beide Hinterstränge bis zur grauen Masse auf etwa 2 Wirbellängen abgetragen; Mark unterhalb durchgequetscht. (Vordere Wurzeln nicht durchschnitten.)

	Puls	von	auf	Sek.
1. Durchquetschung des Marks mittelst der Nadel an der untern Grenze der präparirten Stelle.		87.4	140.6	7.5
2. Streichen mit der stumpfen Nadel innerhalb des seiner Hinterstränge beraubten Theils	3.6 — 3.6	83.6	100.7	
3. Elektr. Reizung. (Feine Elektroden von geringem Abstand)		83.6	159.6	8
4. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 32.		87.4	129.2	8
» » 40.	4—4	87.4	93.1	$5^1/_2$
» » 39.		85.5	87.4	
» » 38.		85.5	89.3	6
» » 36.	3.7 — 3.7	81.7	93.1	3
5. Froschprobe. Der Nerv (sehr reizbar) an die obere Grenze des ausgeschnittenen Stücks gelegt. Ohne Zuckung. Rollen-Abstand 28	4—4.3	83.6	115.9	5
6. Streichen mit der Nadel	3.6 — 3.7	76.0	87.4	
7. Elektr. Reizung. (Etwas näher der obern Grenze)		77.9	125.4	6.5
8. Elektr. Reizung mit Froschprobe (ohne Zuckung)	4—4	72.2	115.9	10

Versuch Y.

	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
Kaninchen cur. Rückenmark im 8—11. (incl.) Brustwirbel blosgelegt; Hinterstränge beiderseits entfernt. Vordere Wurzeln mit einer gekrümmten Nadel durchgerissen. Mark am untern Ende der präparirten Stelle durchschnitten.				
1. Ein Schnittchen in den centralen Stumpf des Marks	2.8—2.8	100.7	114	50
2. Ein zweites Schnittchen (während des Ansteigens vom vorigen)		114	117.8	17.5
3. Elektr. Reizung. (16 Mm. vom obern Durchschnitt d. Hinterstr.) Abstand der Elektroden 2.5 Mm. Rollen-Abstand 26	3—3	85.5	119.7	4.0
4. Elektr. Reiz. Roll.-Abst. 22 . . . . . } ziemlich rasch nach einander.	3.2—3.0	98.8	144.4	12
5. Elektr. Reiz. Roll.-Abst. 20 . . . . . }	3—3.3	108.3	133.0	24
6. Reizung des peripheren (untern) Theils vom Rückenmark. Rollen-Abstand 20	3.5—2.6	104.5	129.2	12
7. Zweite Reizung nach unten (Elektroden tiefer eingesteckt) Rollen-Abstand 20.	3—2.7	100.7	125.4	9
8. Centraler Rückenmarksstumpf emporgehoben und auf eine Unterlage gebracht.	3.2—4	95.0	119.7	
9. Mechan. Reizung durch Schnitt ohne Effect.				
10. Mechan. Reizung durch Quetschung.	3.5—3.5	79.8	95	15.5

Versuch Z.

	Puls	von	auf	Sek.
Kaninchen cur. Rückenmark in den unteren Brustwirbeln blosgelegt. Präparation desselben wie bei Y.				
1. Reizung der losgelösten und auf Glas ruhenden Hinterstr., 16 Mm. entfernt von der Stelle ihres Zusammenhangs mit dem Mark. Rollen-Abstand 19 .	4.3—4.3	83.6	102.6	7

Z		Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
2.	Zweite Reizung der Hinterstr. . . .		79.8	89.3	3
3.	Reizung des vorderen (d. Hinterstr. beraubten) Theiles vom centralen RMstumpf (auf Glas)	4.5—4.5	72.2	117.8	20
	Puls zu Ende der Reizung langsamer.				
4.	Reizung des vorderen Theiles vom Stumpf.				
	Rollen-Abstand 19		64.6	83.6	8.5
	Rollen-Abstand 20		64.6	81.7	10
5.	Reizung. Rollen-Abstand 16		60.8	83.6	21
6.	Reizung des periph. RMstumpfs. Rollen-Abstand 16	3.5—2.7	64.6	114	26
	Nach der Reizung noch längere Zeit Vaguspuls.	—2.3 zu Ende der Reizung			
	Das seiner Hinterstr. beraubte Mark wird in der Medianlinie gespalten und ein Froschnerv oben an die Grenze des präparirten Theils gelegt.				
7.	Erste Reizung der linken Hälfte des RMstumpfes. Rollen-Abstand 12 . . (Froschprobe, kein Tet.)	3.7—3.7	68.4	96.9	20.5
8.	Zweite Reiz. Rollen-Abstand 16. . .	3.6—3.6	64.6	72.2	7
9.	Dritte Reiz. Rollen-Abstand 17. . .	3.7—3.5	66.5	72.2	3.5
10.	Vierte Reiz. dto. } ohne Zuckg.		68.4	74.1	22.5
11.	Fünfte Reiz. dto. } des Frosch-	4—4.2	57.0	79.8	30.5
12.	Sechste Reiz. R.-Abst. 16 } schenkels.	4.2—3.9	60.8	95	21

Versuch a.

Kaninchen cur. RM. im 11. und 12. Dorsalwirbel gereizt. Medulla obl. vom Grosshirn getrennt (blos vom rechten Grosshirnstiele ist eine kleine Brücke stehen geblieben).

1. Zusammenschnüren des Nervus ischiad. } ohne Effect.
2. Stärkste elektr. Reizung desselben. } ohne Effect.

Nach Eröffnung der Wirbelsäule und des (stark mit Blut gefüllten) Sackes der Dura:

a	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3. Reizung des Nervus ischiad. Rollen-Abstand 19—15	4.3—4.5	102.6	131.1	16
Gleich darauf				
4. Reizung des Marks. (Elektroden auf d. Hinterstr.) Rollen-Abstand 20 . .	4.2 –4.5	102.6	142.5	9
Bei beginnendem Abfall ist der Puls 3 Sek. lang=2.3,dann wieder rascher.				
5. Reizung des Marks. Rollen-Abstand 15 Puls anfangs unverändert = 4.3, dann 5 Sek. lang 2 (ohne Abfall), später 4.5.		96.9	161.5	18

Versuch b.

Kaninchen cur. Medulla obl. und Grosshirn getrennt. (Beide Ped. cerebri vollständig durchschnitten.)

1. Reizung des Nervus ischiad. Rollen-Abstand 22	3.5—3.7	95.0	123.5	7
2. Dasselbe	3.5—4.0	74.1	133.0	9
Mark vom 9—12. Brustwirbel geöffnet (kein Blut im Durasack), Hinterstr. 20 Mm. lang abgetragen.				
3. Durchschneidung des Marks unterhalb der präparirten Partie	4.4—4.2	74.1	114.0	8
4. Reizung des untersten Endes vom präparirten Stumpf. Roll.-Abst. 18 .	4.2—4.4	76.0	114.0	14.5
5. Reizung des präparirten Stumpfs.	4.2—4.4	74.1	95.0	17
6. Reizung des unteren RMstumpfs.		76 0	100.7	8
Beim Abfall Vaguspuls	2			

Versuch c.

Mark blosgelegt im 6—9. Brustwirbel; nach unten durchschnitten. Hinterstr. 15 Mm. lang abpräparirt.

1. Reizung des centr. Stumpfs. Rollen-Abstand 24		57.0	64.6	
2. Dasselbe. Rollen-Abstand 20 . . .		60.8	83.6	
(Der Strom ist nicht auf der Zunge zu spüren.)				
3. Reizung des centr. Stumpfs. Rollen-Abstand 20		63.6	91.2	20

c	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
4. Kali in Substanz auf den Stumpf. } ohne Effect.				
5. Reizung an der eben mit Kali behandelten Stelle. } ohne Effect.				
6. Reizung weiter oben an gesunder Stelle		47.5	95.0	20.5
7. Reizung des peripherischen Stumpfs.		45.6	95.0	

Versuch d.

Kaninchen cur. RM. im 7—11. Brustwirbel blosgelegt.

1. Eröffnung der Dura . . . . Puls später = 1.6 in der Sekunde.		91.7	152.0	
2. Abtragen der Hinterstränge (24 Mm. lang) und Durchschneiden des Marks	3.7		152	

Versuch e.

Dasselbe Thier.

1. Reizung mit einzelnen Schliessungs- und Oeffnungsschlägen. Grosser Inductions-Apparat mit über einander geschobenen Rollen	3.0—3.2	108.3	112.1	
2. Eine Anzahl solcher Schläge hintereinander	3.5	106.4	110.2	
3. Reizung mit schwachen Wechselströmen. (Auf der Zunge kaum fühlbar)	3.2—3.2	89.3	98.8	13.5
4. Ein Schwämmchen mit etwa 5%iger Kalilösung bewirkt nach einiger Zeit eine Suite von Erhebungen u. A. . .	3.2—3.2	47.5	55.1	1
		47.5	66.5	16
		60.8	70.3	
5. Schwache Reizung mit dem kleinen Ind. Apparat näher dem unverletzten Theil des Marks		57.0	123.5	27
6. Reizung des periph. Stumpfes . . .	4.0—4.3	64.6	98.8	13

Versuch f.

Mark in den untern Brust- und obern Lendenwirbeln blosgelegt, und in der gewöhnlichen Weise präp. Länge der abgetr. Hinterstr. 24 Mm.

1. Elektr. R. d. centr. Stumpfs. R.-Ab. 10	4.3—4.3	47.5	74.1	10

f	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
2. Einzelne Inductionsschläge (etwa alle 3 Sek. 1 Schlag) ohne Effect.				
3. Unterstes Ende des Stumpfes abgeschnitten. Länge der präpar. Stelle noch 22 Mm.	4.6—4.6	43.7	49.4	27
4. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 18.	4.3—4.3	43.7	47.5	
dto. » » 16.	4.3—4.3	47.5	57	9
5. Streichen mit der stumpfen Nadel .	4.3—4.3	38.0	41.8	11

Versuch g.

Wirbelsäule in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln geöffnet. Hinterstränge 30 Mm lang abgetragen. Centraler Stumpf auf Glas. Starke Blutung. Vordere Wurzeln nicht ganz vollständig entfernt.

1. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 16	3.3—3.3	26.6	47.5	31
dto. dto. 16	3.0—3.3	30.4	41.8	15
Nach einem Abfall	3.3			
2. eine zweite Erhebung	3.3—3.0	34.2	43.7	10
3. Elektr. Reizung. Rollen-Abstand 13	3.0—3.0	32.3	36.1	7
4. dto. dto. 10	3.0—3.0	32.3	43.7	11.5
5. Reizung des Marks oben an seiner intacten Partie		38.0	47.5	12
Abfall während der Reizung	0.3		19.0	
6. Zweite Erhebung während der Reizg.	0.3—3.3	19	39.9	25.5

Versuch h.

Mark in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln blosgelegt; centraler Stumpf ganz auf Glas. Länge der abgetragenen Hinterstränge = 26 Mm.

1. Elektr. Reizung des Stumpfs		76.0	81.7	5.5
2. dto.		81.7	91.2	7
3. dto.		66.5	79.8	7.5
4. dto. (Froschprobe; ohne Zuckung)		57.9	76.0	7
Längsspaltung des centr. Stumpfs in zwei Hälften.				

h	Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
5. Reizung der rechten Hälfte		53.2	72.2	14
6. » » linken »		55.1	66.5	9
Jede Hälfte in Vorder- und Seitenstränge gespalten. Jeder Strang 20 Mm. lang.				
7. Reizung des rechten Seitenstrangs. Grosser Induct.-Apparat. Roll.-Abst. 35 (cf. No. 5.)		49.4	64.6	17
8. Reizung des rechten Vorderstrangs	ohne Effect			
9. » » linken »				
10. Reizung des linken Seitenstrangs . . (cf. No. 6)		53.2	55.1	2.5
11. Am ungetrennten Theil. Roll.-Abst. 28		51.3	119.7	56

Versuch i.

Mark in den unteren Brust- und oberen Lendenwirbeln blosgelegt, in der gewöhnlichen Weise präparirt und auf Glas isolirt. Hinterstränge 21 Mm. lang abgetragen.

1. Starker Blutverlust. Während der Entfernung der Hinterstränge . . .	3.5—3.5	26.6	30.4	9
2. Elektr. Reizung des centralen Stumpfs Rollen-Abstand 16	3.5—3.6	22.8	30.4	18
3. Zerrung des Stumpfs	3.2—3.2	22.8	26.6	7

Versuch k.

Rückenmark durchschnitten. Centraler Stumpf herausgenommen, durch Guttapercha isolirt.

1. Mechanische Reizung des Stumpfs .		57.0	100.7	39
2. Ablösung der Hinterstränge in einer Länge von 20 Mm.		68.4	119.7	46
Puls: anfangs = 3 in der Sek., während des Ansteigens 1.5, auf der Höhe und beim Abfall wieder rascher. Dann folgt eine zweite Erhebung von. . .		96.9	127.3	28
Puls während des Ansteigens 1.3, auf der Höhe 3 2, nach dem Abfall 3.5.				

k		Puls vor und währ.d.Reiz. in der Sek.	Druck steigt von	auf	in ? Sek.
3.	Reizung der abgelösten Hinterstränge ganz am unteren Ende	3.5—3.5	96.9	102.6	13.5
4.	Reizung am periph. Ende der Hinterstränge. Rollen-Abstand 16.				
	Erste Erhebung	3.5—3.2	85.5	93.1	9
	Zweite »		87.4	102 6	8.5
5.	Reizung des der Hinterstränge beraubten Theils des Stumpfes. Rollen-Abstand 18	3.3—3.3	72 2	76 0	9
6.	Elektrische Reizung mit Froschprobe (ohne Zuckung)	4.0—4.0	43.7	53.2	12
	Trennung des centralen Stumpfs in Seitenstr., Vorderstr. und graue Substanz.				
7.	Reizung des linken Seitenstrangs (die graue Substanz sorgfältig abgelöst) Rollen-Abstand 16	3.7—3.7	36.1	39.9	21
8.	Reizung der grauen Substanz ohne Effect (Rollen-Abstand 16 und 15.)				
9.	Reizung des rechten Seitenstrangs. Rollen-Abstand 15	4.0—4.0	36.1	39.9	8.5
10.	Reizung der Vorderstränge (Rollen-Abstand 15) ohne Effect.				

Der Austausch an Gasen zwischen arteriellem und venösem Blute.

Von

Dr. N. O. Bernstein.

Mit 1 Steindrucktafel.

Bis dahin hat man, so weit mir bekannt, keinen Versuch angestellt, welcher auch nur annähernd die Bedingungen nachahmt, unter denen in der Placenta die Diffusion der Gase des Blutes vor sich geht. Die Ausfüllung dieser Lücke ist offenbar wünschenswerth, namentlich auch darum, weil die Erfahrungen, die wir bei einem solchen Versuche gewinnen, Aufschluss versprechen über die relativen Geschwindigkeiten, mit welchen der Sauerstoff und die Kohlensäure das Blut verlassen, beziehungsweise zu ihm treten. Aufgefordert und in der Entwerfung der Methode von Herrn Prof. *Ludwig* unterstützt habe ich einige Versuche unternommen, die ich trotz ihrer Unvollständigkeit mittheile, theils der schon jetzt erhaltenen Resultate wegen, theils um die Aufmerksamkeit Anderer dem Gegenstande zuzuwenden. Der Versuch stellte sich die Aufgabe, zwei Blutarten, die womöglich nur rücksichtlich ihres Gasgehaltes von einander unterschieden waren, durch eine dünne Membran von einander zu trennen, und durch die Analyse zu bestimmen, welche Veränderungen in dem Gasgehalte einer jeden der beiden Blutarten vermöge der Diffusion hervorgerufen worden waren. Dieser einfache Gedanke wurde folgendermaassen ausgeführt:

Um zwei in allem Uebrigen übereinstimmende und nur durch ihren Gasgehalt verschiedenartige Blutsorten zu gewinnen, fing ich aus der a. carotis eines Hundes arterielles Blut auf,

klemmte bis zur eintretenden Erstickung die Luftröhre zu und fing dann abermals aus der a. carotis eine genügende Menge sehr dunkeln, dem Erstickungsblute nahestehenden Blutes. Beide Blutquanta wurden nach der in diesen Berichten schon wiederholt beschriebenen Weise über Quecksilber gesammelt und defibrinirt. Von jeder dieser Blutproben ward ein Theil in den gewöhnlichen Recipienten der Gaspumpe übergefüllt, damit die Zusammensetzung der Blutgase bestimmt werden konnte vor dem Eintritt der Flüssigkeiten in die Diffusion. Der Rest des Blutes, der nach Abnahme dieser Probe verblieb, ward in den Diffusionsapparat übergeführt.

Dieser letztere war nach dem Muster der gewöhnlichen Diffusionsapparate gebaut, so jedoch, dass der Luftzutritt vollkommen ausgeschlossen wurde, dass die Haut, welche die beiden Blutarten trennte, möglichst dünn und ihre Fläche im Verhältniss zur Menge des angewendeten Blutes möglichst gross war. Diese Absichten wurden durch die Einrichtung erreicht, welche in der beiliegenden Tafel gezeichnet ist. Als Diffusionsgefässe dienten vier dickwandige Glasschalen, von je 35 C.-Cent. Inhalt und 75 Qu.-Cent. Basalfläche; sie waren aus hohlen Deckeln von Präparatengläsern durch sorgfältiges Abschleifen der Ränder hergestellt. Je zwei und zwei dieser Deckel *A*, *E* und *A'*, *E'* wurden zu einem Gefässe vereinigt. Zwischen die glatten Ränder von je zweien einander zugekehrten Glasdeckeln wurde mit Hülfe von Kautschukringen die dünne Scheidewand eingeklemmt und der Spalt selbst durch aufgetragenen Lack verdichtet. Die beiden Deckelpaare wurden durch einen Kork, der zwischen zwei einander zugekehrten Fortsätzen *F* und *F'* lag, fest aneinander geheftet. Um die Diffusionsräume beliebig mit Quecksilber oder Blut füllen zu können, ohne dass die dünne Haut zerrissen wurde, vereinigte man sie sämmtlich durch ein communicirendes Röhrengestell. Die Einrichtung desselben wird durch die Betrachtung der Figur ohne Weiteres deutlich sein. Durch die obern Röhrenpaare *Re* und *Ra* wurde das Blut eingesogen oder ausgetrieben, durch das untere *QQQ* wurde das Quecksilber entlassen oder eingeführt; da *Re* mit je einem Raum der beiden Paare in Verbindung stand und dieses auch mit *Ra* der Fall war, so konnten gleichzeitig die Räume diesseits und jenseits der Scheidewand mit sauerstoffhaltigem, beziehungsweise mit sauerstofffreiem Blute gefüllt werden, während gleichmässig das

Quecksilber die Räume verliess. Ebenso konnte das Quecksilber durch Q und Q auf gleicher Spiegelhöhe eingeführt werden. Bei der Gleichmässigkeit des Drucks, die hierdurch stets auf den beiden Seiten der Scheidewand erreicht wurde, gelang es in der That, die Haut trotz ihrer Dünne unversehrt zu erhalten und zugleich die Entleerung und Einfüllung des Blutes beim Abschluss der Luft vorzunehmen. — Die Fortsätze H und H waren derart in eine Klemme eingespannt, dass um sie als Achse die Deckelpaare hin und her gedreht werden konnten.

Diese Drehung wurde in der Zeit, während welcher die Blutsorten zur Diffusion standen, öfters ausgeführt, um die der Scheidewand anliegenden Schichten öfters zu erneuern.

Die dünne Scheidewand war hergestellt aus einem Stück käuflichen, zu prophylaktischen Zwecken benutzbaren Blinddarms. Das Häutchen wurde, bevor ich es benutzte, mit Wasser und Alkohol sorgfältig gereinigt; zudem ward es auf seine Durchgängigkeit für Kochsalzlösung geprüft und als ein sehr durchlassendes befunden. Statt einer frischen Membran wurde absichtlich eine solche gewählt, die schon mannichfachen Eingriffen ausgesetzt gewesen, durch welche alle löslichen Bestandtheile und alle Neigung zu innern Umsetzungen beseitigt war. Hierdurch hoffte man die Sicherheit zu erlangen, dass von Seiten der Membran keine Umsetzungen in dem Blute eingeleitet würden. Der Erfolg zeigte jedoch, dass dieses nicht jedesmal erreicht worden war. Nach dieser Schilderung des Diffusionsapparates kehre ich zur Beschreibung des Versuches selbst zurück.

Wir haben denselben da verlassen, wo die beiden Blutsorten defibrinirt zur Einfüllung in den eben beschriebenen Apparat bereit standen. Zu diesem Zeitpunkt füllte man den Apparat sorgfältig mit Quecksilber, so dass auch die kleinste Luftblase aus ihm entfernt ward; war dies geschehen, so ersetzte man das Quecksilber so weit mit Blut, dass es bis zu den Mündungen von QQ reichte und schloss darauf alle Mündungen mit Klemmen ab, alsdann überliess man das Blut bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur 5 bis 7 Stunden der Diffusion und schüttelte durch sanfte Drehungen das Blut öfter durch. Nach Verfluss der genannten Zeit verdrängte man das Blut durch Quecksilber und füllte dasselbe in zwei Recipienten; einer derselben nahm das dunkle, der andere das hellrothe Blut auf.

Während der ganzen Zeit der Diffusion blieben in dem Zimmer auch die Recipienten liegen, welche mit den ursprünglichen der Diffusion nicht ausgesetzten Blutproben gefüllt waren. Da diese Blutproben als Ausgangspunkt für den Vergleich dienen sollen, inwieweit das Blut durch die Diffusion verändert wurde, so ist die eben erwähnte Vorsicht geboten. Bei dem Aufenthalt des Blutes in einer Temperatur von 15 bis 20 Graden ändert sich bekanntlich sein Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure um ein Geringes. Da diese von der Diffusion unabhängige Aenderungen bei der besprochenen Maassregel in den entsprechenden Blutproben voraussichtlich gleichmässig fortschreitet, so wird man den jetzt noch auffindbaren Unterschied dem Einflusse der Diffusion zuzuschreiben haben.

Nachdem auch die Recipienten aus dem Diffusionsapparat mit Blut gefüllt sind, bettet man dieselben in Eis und pumpt andern Tags aus ihm die Gase aus, welche schliesslich nach bekannten Methoden analysirt werden.

Ich lasse nun in übersichtlicher Zusammenstellung die Zahlen folgen, welche ich bei vier Versuchen erhalten habe.

	Ursprüngl. Blut,		Blut nach Diff.		Summe d. Gase		Bemerkgen.
	arterielles	venöses	arterielles	venöses	vor d. Diff.	nach d. Diff.	
I.							
Sauerstoff	16,97	2,85	16,46	2,65	19,82	19,11	Dauer d. Diff.
Kohlens.	29,80	42,97	31,76	38,02	72,77	69,78	5 Stunden,
Stickstoff	1,53	1,64	1,38	2,19	3,17	3,57	Temp. 15° C.
II.							
Sauerstoff	14,95	1,98	14,17	2,03	16,93	16,20	Dauer d. Diff.
Kohlens.	38,00	46,77	39,55	44,89	84,77	84,44	5 Stunden,
Stickstoff	1,34	1,80	1,87	1,52	3,14	3,39	Temp. 18° C.
III.			verun-				
Sauerstoff	15,19	0,0	glückt	0,25	—	—	Dauer d. Diff.
Kohlens.	21,53	34,49	,,	32,19	—	—	6 Stunden,
Stickstoff	2,09	2,02	,,	2,36	—	—	Temp. 20° C.
IV.							
Sauerstoff	12,79	1,54	8,91	0,14	14,33	9,5	Dauer d. Diff.
Kohlens.	36,48	44,94	42,94	44,13	82,42	87,07	7½ Stunden
Stickstoff	1,69	1,48	1,63	1,42	3,17	3,05	Temp. 16,5° C.

Wenden wir uns zu einer Kritik der vorstehenden Zahlen, so leuchtet zunächst ein, dass ein Theil derselben auf analytische

Fehler, ein anderer auf Zersetzungen des Blutes hinweist, die innerhalb des Diffusionsapparates andere gewesen sein müssen, als in der Blutprobe, welche in dem Recipienten aufgehoben war.

Zu der ersteren Gattung gehört unzweifelhaft die Zahl für die Kohlensäure im ersten Versuche. Aus der Columne 6 und 7 in der zweiten Reihe der vorstehenden Tabelle erkennt man, dass der Gehalt an Kohlensäure der beiden Blutarten vor der Diffusion grösser ist, als nach derselben; da es aber ganz unmöglich ist, dass durch den Vorgang der Diffusion Kohlensäure verschwände, so müssen wir einen Verlust oder überhaupt einen Fehler während der Analyse voraussetzen.

Zu den Aenderungen des Gasgehaltes, welche nicht durch Diffusion, sondern durch Zersetzung herbeigeführt sind, müssen wir den ungewöhnlich hohen Sauerstoffverlust rechnen, welchen das der Diffusion ausgesetzte Blut im 4. Versuche erlitten hat, umsomehr, als gleichzeitig das arterielle Blut einen ungewöhnlich hohen Zuwachs an Kohlensäure empfängt. — Diese Abweichung des Sauerstoffverbrauches innerhalb des Diffusionsapparates von demjenigen im Glasrecipienten macht sich nun auch in den andern Versuchen geltend, da auch in der 1. und 2. Beobachtung die Summe der Sauerstoffprocente vor der Diffusion um 0,7 grösser ist, als nach derselben.

Die eben angelegte Kritik vermindert nicht blos mein an und für sich kleines Material, sondern sie ist auch geeignet, gegen einen Theil des Restes Misstrauen zu erwecken.

Sehen wir jedoch einstweilen hiervon ab und betrachten wir demnach die Veränderungen, welche jede der Blutarten erfahren hat, die der Diffusion ausgesetzt waren, als bedingt durch den letzteren Vorgang, so finden wir, dass das arterielle Blut des ersten Versuches verloren hat an Sauerstoff 0,51 Procent, das des zweiten 0,78 Procent, während in keinem der genannten Fälle das venöse Blut eine Sauerstoff-Veränderung erlitten, die ausserhalb der analytischen Fehlergrenzen gelegen wäre. Daraus darf man jedenfalls den Schluss ziehen, dass trotz einem Sauerstoff-Unterschiede der beiden Blutarten von 13 bis 14 Procent binnen 5 Stunden höchstens 0,5 bis 0,7 Procent Sauerstoff aus dem arteriellen in das venöse Blut übergetreten sei. Wahrscheinlich ist es aber, dass auch von dieser Menge noch ein Antheil innerhalb des arteriellen Blutes selbst durch Zersetzungsvorgänge verschwunden ist. Aber selbst wenn dieses letztere

nicht geschehen wäre, so würde das Resultat bestehen bleiben, dass die diffusive Sauerstoffbewegung unerwartet gering wäre.

Wenn wir dieselbe Betrachtung auch auf die Kohlensäure anwenden, so ergiebt sich, dass im zweiten Versuch das arterielle Blut an Kohlensäure gewonnen 1,55 Procent, während das venöse 1,88 Procent eingebüsst hat, und ferner, dass das arterielle Blut des ersten Versuchs 1,96 Kohlensäure gewonnen, das venöse des dritten 2,30 Procent und das venöse Blut des vierten Versuchs 0,81 Procent Kohlensäure verloren hat. Da ein Verlust an Kohlensäure des venösen Blutes, die analytische Richtigkeit des Resultates vorausgesetzt, sich gar nicht anders erklären lässt, als daraus, dass ein Uebertritt der Kohlensäure in das arterielle stattgefunden hat, so müssen wir schliessen, dass in der That ein dem vorstehenden Betrag entsprechender Antheil an Kohlensäure durch Diffusion übertragen worden. Indem wir dieses thun, sehen wir ein, dass der Austausch der Kohlensäure bei annähernd gleichen Unterschieden des Procentgehaltes mindestens doppelt so gross gewesen sei, als derjenige des Sauerstoffs.

Obwohl kein Grund vorliegt, den Vorgang, wie ich ihn künstlich hergestellt, für übereinstimmend zu halten mit den natürlichen Ereignissen, da weder der Bau, noch die chemische Zusammensetzung meiner Scheidewand mit der Haut der Capillargefässe übereinstimmt, so lehren doch meine Thatsachen, dass der Gasaustausch von Flüssigkeit zu Flüssigkeit sich als ein sehr unbedeutender erweist.

Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1870.
Zur Abhandlung v. Dr. Bernstein.

Lit.

Untersuchungen über einige Giftwirkungen am Froschherzen.

Von

Dr. O. Schmiedeberg.

Die von mir und *Koppe* angestellten Vergiftungsversuche mit dem Muscarin[1]) haben unter anderem ergeben, dass die kleinsten Mengen dieses Giftes einen diastolischen Herzstillstand bei Fröschen herbeiführen, ohne die Erregbarkeit des Herzens zu vernichten, dass dieser Stillstand ohne anderweitige Eingriffe auf das Herz ein dauernder ist, aber durch geringe Bruchtheile eines Milligr. Atropin, die man dem Thiere subcutan injicirt, vollständig wieder aufgehoben werden kann, worauf weitere Quantitäten von Muscarin wirkungslos bleiben. Letzteres findet von vornherein statt, wenn die Injection des Atropins der des Muscarins vorausgegangen ist. Da die Wirkung kleiner Mengen von Atropin auf das Herz sich darin äussert, dass weder durch elektrische Reizung des Vagusstammes noch des Venensinus ein diastolischer Stillstand des Herzens oder auch nur eine Verlangsamung seiner Schläge erzeugt werden kann, dass demnach die Theile, deren elektrische Erregung jene Hemmungswirkung hervorruft, durch dieses Gift gelähmt werden, so schlossen wir, dass die Wirkung des Muscarins eine entgegengesetzte sei, d. h. dass es sich um eine Erregung derselben Theile handle, die

---

1) Das Muscarin, das giftige Alkaloid des Fliegenpilzes. Leipzig 1869.

durch das Atropin gelähmt werden und deren elektrische Erregung den diastolischen Herzstillstand hervorruft.

Im Anschluss an diese Thatsachen war es von Interesse, andere auf das Herz wirkende Gifte in ähnlicher Richtung zu untersuchen. Vor allen verdiente das Nicotin in dieser Beziehung eine besondere Aufmerksamkeit. Nach den Untersuchungen von *Traube* [1]) und *Rosenthal* [2]) erzeugt dieses Gift eine vorübergehende Erregung der Vagusendigungen, die zum Stillstand des Herzens führen kann, bald aber einer Lähmung jener Theile Platz macht, so dass die stärkste galvanische Reizung des Vagus nicht mehr im Stande ist, die Herzbewegungen zu sistiren oder auch nur zu verlangsamen. Es galt zunächst zu untersuchen, ob das Atropin zu der anfänglichen erregenden Wirkung des Nicotins auf die Vagusendigungen in einem ähnlichen Antagonismus stehe, wie zu der des Muscarins, und ob die später folgende lähmende Wirkung des Nicotins die erregende des Muscarins aufzuheben im Stande sei, d. h. ob das Nicotin im ersten Stadium seiner Wirkung sich wie das Muscarin, im zweiten wie das Atropin verhalte. Es fragte sich ferner, warum auf die anfängliche, durch das Nicotin bedingte Erregung der Vagusendigungen so rasch eine Lähmung derselben folgt, während das Muscarin einen dauernden Zustand der Erregung unterhält.

Die zur Entscheidung dieser Fragen dienenden Versuche sind von mir und Dr. *H. Truhart* gemeinschaftlich angestellt und von letzterem mit anderen Untersuchungen über die Nicotinwirkung in seiner Inauguraldissertation [3]) mitgetheilt. Die späteren Ergänzungen und Erweiterungen sind von mir zum Theil im physiologischen Laboratorium des Herrn Prof. *Ludwig* ausgeführt.

Was die erregende Wirkung des Nicotins auf die Vagusendigungen betrifft, so kommt dieselbe nur nach Anwendung sehr kleiner Mengen des Giftes zur Wahrnehmung. Unmittelbar nach der Injection von $^1/_8$—$^1/_3$ Milligr. Nicotin beginnt die Zahl der Herzcontractionen abzunehmen, und in kurzer Zeit tritt diastolischer Stillstand des Herzens ein, der indess höchstens 1—$1\,^1/_2$ Min. anhält, worauf von neuem Pulsationen sich einstellen,

1) Med. Centralztg. 1863.
2) Med. Centralbl. 1863.
3) Ein Beitrag zur Nicotinwirkung. Diss. Dorpat 1869.

welche bald die vor der Injection des Giftes gefundene Zahl erreichen[1]. Hat man vor der Application des Nicotins dem Thiere Spuren von Atropin beigebracht, so kommt in keinem Falle dieser Stillstand zu Stande; das Herz schlägt bei kleinen Gaben unverändert fort, bei grösseren tritt allmälig eine Abnahme der Zahl der Pulsationen ein, wie das auch ohne Anwendung von Atropin der Fall zu sein pflegt, aber erst lange nachdem auf die ursprüngliche Erregung die Lähmung des Vagus gefolgt ist. Es ist daher diese Verminderung der Pulsfrequenz, die zuerst von *Traube* beobachtet ist, nicht mit jener durch die Vaguserregung bedingten zu verwechseln.

Es verhält sich daher das Nicotin in kleinen Gaben und im ersten Stadium seiner Wirkung wie das Muscarin; es bringt einen diastolischen Herzstillstand hervor, der nach der Lähmung der Hemmungsvorrichtungen durch das Atropin ausbleibt. Auch nach der Lähmung des Vagus durch Curare konnte *Rosenthal* durch das Nicotin keinen Stillstand hervorrufen. Da der durch das Nicotin erzeugte Herzstillstand von so kurzer Dauer ist, so lässt sich die Prüfung der antagonistischen Wirkung des Atropins nicht umgekehrt in der Weise vornehmen, dass man wie beim Muscarin das stillstehende Herz durch Atropin wieder zum Schlagen bringt. Das Herz beginnt in Folge der nach der Erregung bald eintretenden Lähmung des Vagus von selbst wieder zu pulsiren. Nach grösseren Mengen von Nicotin tritt diese Lähmung so rasch ein, dass das Herz durch die vorausgehende Erregung nicht zum Stillstand kommt, höchstens eine Verlangsamung der Pulszahlen sich bemerkbar macht. In einzelnen Fällen bringen selbst jene kleinen Quantitäten sofort eine Lähmung, keinen Stillstand, zuweilen auch keine Verlangsamung hervor.

Wenn man nun, nachdem auf Anwendung von Nicotin durch die stärkste elektrische Reizung vom Vagus aus keine hemmende Wirkung auf das Herz mehr hervorgebracht werden kann, dem Thiere etwas Muscarin beibringt, so kommt das Herz dennoch zum Stillstand, der ein dauernder ist und durch Atropin wieder aufgehoben werden kann; kurz das Herz, an dem durch Nicotin die Vagusendigungen gelähmt sind, verhält sich dem Muscarin gegenüber wie ein normales. Dies führt unmittelbar

1) Vergl. *Truhart* a. a. O.

zu der Schlussfolgerung, dass durch das Nicotin andere Theile des Vagus gelähmt werden, als durch das Atropin, und dass diese dem Stamme des Vagus näher liegen als jene, auf welche das Atropin wirkt, da durch das Muscarin, nicht aber durch elektrische Reizung des Nervenstammes ein diastolischer Herzstillstand erzeugt werden kann. In gleicher Weise wie durch das Muscarin lässt sich durch elektrische Reizung des Venensinus am nicotinisirten Herzen ein Stillstand hervorrufen, wie es zuerst von *A. B. Meyer* [1]) beobachtet ist. Die eigentlichen Hemmungsvorrichtungen im Herzen werden also durch das Nicotin nicht gelähmt, nur die Zuleitung der Erregung vom Stamme her wird unterbrochen, indem die vor jenen Vorrichtungen liegenden Theile unerregbar werden. Hierbei kann es sich entweder um eine Lähmung der im Stamme des Vagus verlaufenden Hemmungsfasern selbst oder solcher Theile dieses Nerven handeln, die sowohl von jenen Vorrichtungen, auf welche das Atropin wirkt, als auch von den eigentlichen Fasern verschieden sind. Es lässt sich erweisen, dass in der That letzteres der Fall ist, dass dagegen die Nervenfasern selbst nicht afficirt werden. Wie weiter unten gezeigt werden wird, verlaufen im Stamm des Froschvagus neben den Hemmungsfasern noch solche, deren Reizung eine Zunahme der Pulsfrequenz bedingt und die selbst durch grosse Gaben von Nicotin nicht gelähmt werden. Da nun specifisch verschiedene Arten von Nervenfasern nicht angenommen werden können, so lässt sich schliessen, dass auch die hemmenden Fasern im Vagus durch das Nicotin nicht gelähmt werden, dass sich vielmehr die Wirkung dieses Giftes auf Theile erstreckt, die von den Nervenfasern verschieden sind und vorläufig als Zwischenapparate betrachtet werden können, die den Zusammenhang des Endapparates mit den Vagusfasern vermitteln. Dass letztere nicht gelähmt werden, lässt sich auch direct dadurch erweisen, dass bei den unten erwähnten Versuchen am *Coats*'schen Herz-Vaguspräparat das Gift gar nicht mit den Fasern in Berührung kommt, und dass die directe Application nicotinhaltigen Serums auf den freipräparirten Vagus, ohne dass das Herz damit in Berührung kommt, die hemmende Wirkung dieses Nerven bei Reizung nicht beeinträchtigt.

Den Endapparat des Vagus, den man daher nicht, wie

1) Das Hemmungsnervensystem des Herzens. Berlin 1869.

A B. Meyer[1]) es thut, mit der Endausbreitung dieses Nerven identificiren darf, kann man als Hemmungsapparat bezeichnen, weil seine Erregung einen Stillstand des Herzens bedingt, und nach seiner Lähmung durch Atropin kein Mittel die sogenannte Hemmungswirkung hervorzubringen im Stande ist. Wie das Zustandekommen des Herzstillstandes durch Erregung gewisser in der Herzsubstanz liegender Theile zu erklären sei, ist selbstverständlich eine Frage für sich.

Hinsichtlich der Natur der Hemmungsapparate lassen sich aus den mitgetheilten Thatsachen nur Wahrscheinlichkeitsschlüsse ziehen. Am meisten sprechen dieselben für die Annahme ganglioser Elemente. Schon *Bezold*[2]) schloss aus dem Umstande, dass die rhythmische Reizung des Vagus das Froschherz zum Stillstand bringt, indem der einfache Reiz in den Endorganen des Vagus eine Nachwirkung hinterlässt, die sich summirt, bis Stillstand eintritt, dass der Vagus nicht unmittelbar auf die Herzmusculatur, sondern vermittelst ganglioser Elemente seine hemmende Wirkung ausübe. Auch bei dem Zustandekommen des Herzstillstandes durch das Muscarin kommt vielleicht eine solche Nachwirkung in Betracht. Wenn dieses Gift als ein schwacher, aber continuirlicher Reiz auf die Hemmungsapparate wirkt, so kann die Nachwirkung sich stetig summiren, bis der Erregungszustand jener Apparate den Grad erreicht hat, der zur Hervorbringung des Herzstillstandes erforderlich ist. So erklärt sich vielleicht auch die Thatsache, dass nach kleinen Gaben von Muscarin bis zum Eintritt des definitiven Herzstillstandes eine Stunde und mehr vergehen kann, während kaum anzunehmen ist, dass die Resorption der minimalen Quantitäten des Giftes, mit denen man es dabei zu thun hat (z. B. $^1/_{40}$ Milligr.[3]), so lange Zeit in Anspruch nimmt. Der dauernde Stillstand, den das Muscarin im Gegensatz zum Nicotin hervorruft, lässt sich leichter mit einer Wirkung desselben auf gangliöse Elemente in Einklang bringen, als auf solche, die in ihren Eigenschaften den Nervenfasern nahe stehen. Bei jenem Zwischenapparate dagegen ist wahrscheinlich das letztere der Fall, wie sich daraus schliessen lässt, dass auf die anfängliche, durch das

1) a. a. O. p. 36.
2) *Virch.* Arch. Bd. 14. p. 282.
3) Vergl. das Muscarin etc. p. 26.

Nicotin bedingte Erregung bald eine Lähmung folgt, ähnlich wie auf die elektrische Erregung des Stammes die Ermüdung. Bei der Anwendung des Nicotins macht sich statt der letzteren eine Lähmung geltend, weil die Ursache eine fortwirkende ist, so lange das Gift mit den Theilen in Berührung bleibt. Erst nach erfolgter Ausscheidung jenes kann das gelähmte Organ wieder functionsfähig werden.

Bei der elektrischen Reizung des Vagus, an dem die Zwischenapparate durch Nicotin gelähmt sind, erhält man nicht nur keine Verminderung der Zahl der Herzschläge, sondern es wird in allen Fällen eine Steigerung derselben wahrgenommen, die namentlich sehr beträchtlich ist, wenn nach der Anwendung des Nicotins jene oben erwähnte, bei gelähmtem Vagus eintretende Verlangsamung der Herzschläge sich eingestellt hat. Diese Thatsache lässt keine andere Deutung zu, als die Annahme besonderer, im Stamm des Vagus verlaufender Nervenfasern, deren Reizung in ähnlicher Weise eine Beschleunigung der Contractionen des Froschherzens hervorbringt, wie die der Beschleunigungsnerven eine solche des Säugethierherzens. Beim normalen Vagus kann durch Reizung am Froschherzen keine Beschleunigung hervorgebracht werden, weil gleichzeitig die in demselben Stamme verlaufenden Hemmungsfasern erregt werden, und ihre Wirkung offenbar die überwiegende ist. Erst bei der durch das Nicotin erzeugten Lähmung der Endigungen der Hemmungsfasern kann die Erregung der durch das Gift intact gebliebenen Beschleunigungsfasern zur Geltung kommen. Dass es sich dabei nicht um unipolare Wirkungen oder Stromschleifen auf das Herz handelt, kann, abgesehen von allen Vorsichtsmassregeln bei der Reizung selbst, mit aller Sicherheit dadurch nachgewiesen werden, dass, während die Vagusreizung beschleunigend auf die Herzcontractionen wirkt, die directe Reizung des Sinus venosus, wie oben erwähnt, diastolischen Stillstand hervorbringt, und dass nach sorgfältiger Umschnürung des Nerven mittelst eines feuchten, sehr dünnen Fadens die Reizung der oberhalb der Umschnürungsstelle gelegenen Parthien auf die Zahl der Herzcontractionen gar keinen Einfluss mehr ausübt [1]).

Auch nach der Lähmung der Hemmungsapparate durch das Atropin tritt bei Vagusreizung diese Beschleunigung ein, wie

1) Vergl. auch *Truhart* a. a. O.

das schon von *Keuchel*[1]) beobachtet ist. Doch ist sie nicht in allen Fällen deutlich und niemals so ausgesprochen, wie beim Nicotin, was zum Theil wenigstens seinen Grund darin hat, dass die Pulsfrequenz durch geringe Mengen von Atropin keine solche Herabsetzung erfährt, wie durch das Nicotin; denn je grösser die Pulsfrequenz vor der Reizung ist, desto geringer fällt die Beschleunigung bei der Vagusreizung aus. Selten gelingt es am unversehrten Frosch die Pulsationen über das Maximum der normalen Anzahl zu steigern. Das Daturin verhält sich dem Hemmungsnervensystem des Herzens gegenüber in jeder Beziehung wie das Atropin, und es sind daher beide Stoffe auch aus diesem Grunde als identisch anzusehen.

Sehr eigenthümlich ist der zeitliche Verlauf der Reizung der Beschleunigungsfasern, indem einerseits eine Periode der latenten Reizung von beträchtlicher Dauer vorausgeht, und andererseits eine lange anhaltende Nachwirkung folgt. Das Nähere über diese sowie andere bei der Reizung des Vagus am nicotinisirten Herzen obwaltenden Verhältnisse veranschaulichen die beistehenden Curven, die nach der von *Coats*[2]) beschriebenen Methode gewonnen sind. Nachdem das Herz–Vaguspräparat hergestellt und mit dem Kymographion in Verbindung gesetzt war, wurde zunächst der Vagus auf seine Reizbarkeit geprüft und hierauf durch das Herz nicotinhaltiges Serum geleitet. Schon nach wenigen Minuten stellt sich bei Vagusreizung statt der ursprünglichen Abnahme der Zahl der Herzschläge eine Beschleunigung derselben ein. Die Reizung geschah mit intermittirenden Strömen von ungefähr der Stärke, wie sie zur Hervorbringung des Herzstillstandes bei Reizung des normalen Vagus erforderlich sind. Die Zeit der Reizung ist in den Curven durch die beiden verticalen Striche bezeichnet. Die in der Abscissenrichtung liegende Scala giebt die Zeit in Secunden an; letztere wurden durch eine besondere Vorrichtung mittelst eines Metronoms direct auf der Trommel des Kymographions verzeichnet.

1) Das Atropin und die Hemmungsnerven. Diss. Dorpat 1868.
2) Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig. IV. 1869. p. 176.

Fig. 1. Reizung

Fig. 2. Reizung

Die erste Curve ist in 4, die zweite in 3 Abschnitte getheilt; aus den Secundenzahlen ergiebt sich die fortlaufende Richtung derselben.

In Fig. 1 beträgt die Zahl der Pulse vor der Reizung 7 in 20 Sec., die Dauer eines jeden Schlages demnach 2,85 Sec. Der erste Schlag nach dem Beginne der Reizung zeigt keine Abweichung von den früheren; die beiden zunächst folgenden dauern nur wenig kürzere Zeit als jene. Erst der vierte Schlag, der 8 Sec. nach dem Beginn der Reizung eintritt, verläuft in 1,7—1,8 Sec.; der Zuwachs beträgt demnach mehr als 60%. Damit scheint zugleich das Maximum der Beschleunigung erreicht zu sein, denn in den nächsten 20—25 Sec. bleiben die Pulszahlen bis auf geringe Schwankungen, die auf Unregelmässigkeiten im Gange des zeitregistrirenden Apparats zurückzuführen sind, ziemlich constant, indem je fünf auf einander folgende Schläge $8^3/_4$—$9^1/_4$ Sec. dauern, also jeder Schlag 1,75—1,85 Sec. beansprucht. Dann macht sich eine geringe Verlangsamung bemerkbar; aber erst mehr als $1^1/_2$ Min. nach dem Aufhören der Reizung kommen die Pulse auf die frühere Frequenz zurück. In der Curve Fig. 2, die von demselben Präparat stammt, ist während der Dauer der Reizung, die kaum 4 Sec. beträgt, gar kein Einfluss auf die Pulsfrequenz wahrzunehmen. Erst nach dem Aufhören derselben tritt die Beschleunigung ein (im Maximum 5 Schläge in $8^1/_4$ Sec. gegen 5 in 14,3 Sec. vor der Reizung) und hat 1 Min. nach dem Aufhören der Reizung noch nicht der früheren Frequenz Platz gemacht. Diese lang dauernde Nachwirkung und latente Reizung sind bisher im Gebiete der Nervenphysiologie ohne Analogie. Vielleicht würden die Hemmungsfasern des Frosches ähnliche Verhältnisse bieten, wenn es möglich wäre, dieselben zu reizen, ohne dass gleichzeitig die beschleunigenden Fasern erregt würden. Ein auf die letzteren in ähnlicher Weise wie das Nicotin und Atropin auf die Hemmungsfasern wirkendes Gift liess sich bisher nicht finden.

Bemerkenswerth sind ferner die Veränderungen, welche die Form der Curve während der Reizung der Beschleunigungsfasern erleidet. Sie sind gewissermassen das Gegentheil von denen, die bei der Reizung der Hemmungsfasern zur Beobachtung kommen. Denn während im letzteren Falle die Spannung des in der Diastole befindlichen Herzens bis zum Eintritt des Herzstillstandes im Allgemeinen continuirlich geringer wird, wächst dieselbe hier, so dass die Excursionen erheblich kleiner ausfallen; hierbei ist nur eine mässige Abnahme der systolischen Erhebungen betheiligt. Die Curve nimmt eine ausgesprochene te-

tanische Form an, die sich schon zu einer Zeit bemerkbar macht, wo die Pulsfrequenz noch nicht deutlich zugenommen hat, wie aus den beiden Curven ersichtlich ist. Einen systolischen Stillstand des Herzens durch Reizung der beschleunigenden Fasern hervorzurufen, ist indess bisher nicht gelungen.

Was die Endigungsweise der beschleunigenden Fasern betrifft, so macht die lange Dauer der Nachwirkung es wahrscheinlich, dass sie wie die hemmenden mit Ganglienzellen in Verbindung stehen, die jedoch mit den Hemmungsganglien nicht identisch sein können, weil letztere durch das Atropin gelähmt werden, und weil die Vagusreizung am nicotinisirten Herzen auf sie ohne Einfluss bleibt, obgleich sie von dem Gifte nicht alterirt sind. Es ist auch nicht anzunehmen, dass die Beschleunigungsfasern mit solchen Ganglien in directe Verbindung treten, von welchen die rhythmischen Bewegungen des Herzens vielleicht abhängig sind, weil bei directer Reizung des atropinisirten Herzens keine längere Periode der latenten Reizung der Beschleunigung der Herzcontractionen vorausgeht.

Da das Atropin schon in sehr kleinen Mengen (das Minimum beträgt $^1/_{200}$ Milligr.) die Hemmungsapparate im Herzen vollständig functionsunfähig macht, ohne andere nachweisbare Störungen der Herzthätigkeit hervorzubringen, so kann es als Mittel dienen, um die Wirkung dieser Apparate überall da auszuschliessen, wo es sich darum handelt, ihre Betheiligung an dem Zustandekommen bestimmter Erscheinungen, die das Herz unter normalen oder anderen Verhältnissen bietet, kennen zu lernen. Zu solchen Erscheinungen gehört unter anderen der durch die bekannten *Stannius*'schen Ligaturen oder den sie ersetzenden Schnitt verursachte Herzstillstand, der von *Heidenhain* ausschliesslich von *Bezold* zum Theil von der durch die Operation bedingten Erregung der Hemmungsapparate abhängig gemacht wird, während namentlich *Bidder*, *Eckhard* und *Goltz* die Anschauung vertreten, dass er ohne Mitwirkung der Hemmungsapparate in Folge der Abtrennung gewisser Herztheile durch die Ligatur oder den Schnitt zu Stande komme. Die Bedeutung solcher Versuche am atropinisirten Herzen ergiebt sich hiernach von selbst. Die Resultate derselben sprechen in unzweideutiger Weise dafür, dass dieser Herzstillstand nicht durch eine Erregung der Hemmungsvorrichtungen bedingt werde. Denn auch nach der Lähmung der letzteren durch das Atropin lässt sich derselbe

wie am normalen Herzen durch eine zwischen dem Venensinus und der Herzfurche angelegte Ligatur oder einen entsprechenden Schnitt hervorrufen und zeigt hier wie dort dieselben Unregelmässigkeiten in Bezug auf sein Eintreten, seine Dauer und andere dabei in Frage kommenden Verhältnisse, während er im Grossen und Wesentlichen in beiden Fällen in gleicher Weise sich darstellt, bis auf den geringen Unterschied, dass am atropinisirten Herzen nach dem Anlegen der Ligatur, wenn nicht unmittelbar Herzstillstand folgt, letzterem zuweilen eine Beschleunigung der Herzcontractionen vorausgeht, die am normalen Herzen zu fehlen scheint. Dieses Ausbleiben der Beschleunigung im letzteren Falle könnte vielleicht die Folge der Erregung der Hemmungsapparate durch die Ligatur sein. Zuweilen folgt auch am atropinisirten Herzen nach dem Anlegen der Ligatur sofort eine Verlangsamung der Pulsationen, die bald in Stillstand übergeht; meist tritt letzterer ein, nachdem nur 1—2 Contractionen vorausgegangen sind. Dieses verschiedene Verhalten in den einzelnen Versuchen scheint, wie auch für das normale Herz von verschiedenen Seiten hervorgehoben worden ist, von dem Orte des Schnittes oder der Ligatur abhängig zu sein. Der unmittelbare Stillstand tritt am häufigsten ein, wenn die Ligatur ganz nahe der Sinusgrenze angelegt wird, ohne den Sinus selbst zu erreichen. Falls letzteres geschieht, so tritt überhaupt kein Stillstand ein. Die Ligatur in der Nähe der Atrioventricularfurche bringt niemals sofortigen Stillstand hervor, es gehen ihm eine Reihe beschleunigter oder verlangsamter Herzcontractionen voraus. Die oberhalb der Ligatur liegenden Theile: Hohlvenen, Sinus und Parthien der Vorhöfe pulsiren wie nach dem Anlegen der Ligatur am normalen Herzen ununterbrochen fort.

Aus diesen Ligaturversuchen am atropinisirten Herzen lässt sich schliessen, dass das von dem Venensinus getrennte Herz nicht im Stande ist, dauernde rhythmische Pulsationen auszuführen.

Wenn man um die Vorhöfe eines mit Muscarin zum Stillstand gebrachten Herzens eine Ligatur anlegt, so dauert der Stillstand fort; nach der Application von Atropin beginnen nur die oberhalb der Ligatur liegenden Theile zu pulsiren, während der Ventrikel und die zwischen ihm und der Ligatur befindlichen Parthien der Vorhöfe in der Ruhe verharren. Trifft die Ligatur die Querfurche des Herzens, so fängt der Ventrikel auch

ohne Atropin zu pulsiren an; doch hören die Pulsationen bald wieder auf, was sofort geschieht, wenn die Ligatur entfernt wird. Dasselbe hat *Goltz* [1]) am normalen Herzen beobachtet und schliesst hieraus, dass die Ligatur an dieser Stelle trennend und quetschend (reizend) wirkt. Nach Entfernung der Ligatur hört die Quetschung der Ventrikelganglien auf und mit ihr die Ventrikelpulsationen, während die Trennung bleibt, also dauernder Stillstand eintritt. Mit dieser Anschauung stehen die eben angeführten Versuche völlig in Einklang.

---

1) *Virchow*'s Arch. Bd. 21. p. 201.

Die Aufnahme der Lymphe durch die Sehnen und Fascien der Sceletmuskeln.

Von

Dr. Genersich.

Nach *v. Recklinghausens*, *Ludwigs* und *Schweigger-Seidels* Arbeiten über die Lymphgefässe des Centrum tendineum schien es sehr wahrscheinlich, dass nicht nur dieses, sondern auch andere aponeurotische Gebilde in näherer Beziehung zum Lymphgefässsystem ständen. Auch die Untersuchungen *Ranviers*, der nachwies, dass die zwischen den Sehnenbündeln befindlichen Spalten mit Reihen glatter Zellen ausgekleidet sind, wies auf die Richtigkeit dieser Voraussetzung hin.

Die Professoren *Ludwig* und *Schweigger-Seidel* hatten daher schon vor längerer Zeit, vor drei Jahren etwa, Versuche gemacht, die Lymphgefässe solcher Gebilde durch Einstich mit Berlinerblau zu injiciren und dabei auch wirklich positive Resultate erhalten.

Obwohl schon diese Injectionen das Vorhandensein sehr zahlreicher Lymphgefässe in den Sehnen und Aponeurosen ganz sicher stellten, blieb es immerhin fraglich, von wo aus diese Lymphgefässe in der normalen Lage mit Lymphe gefüllt werden, welche Bedingungen die Füllung derselben ermöglichen und erleichtern, kurz welche physiologische Bedeutung dieser anatomischen Einrichtung zukömmt. Darum war ich sehr bereit auf Vorschlag und unter dem Beistand des Herrn Prof. *Ludwig* diesen Verhältnissen durch das Experiment näher zu treten.

Gleich bei den ersten Injectionen durch Einstich zeigte es sich, dass dieselben nur unter gewissen Bedingungen gelingen. Abgesehn davon, dass man beim Einstich wohl darauf achten muss, dass die Nadelspitze sammt der Oeffnung auch wirklich

im Gewebe der Aponeurose steckt, muss der Theil möglichst straff gespannt und die Injection unter sehr geringem Druck ausgeführt werden. Aber selbst bei aller Vorsicht sind Extravasate kaum zu vermeiden, — die Lymphgefässe werden nur in kleinen Bezirken gefüllt und das hie und da hervorquellende Berlinerblau macht auch die gut injicirten Stellen unkenntlich.

Aus diesem Grunde schien es erwünscht, die Injection mit andern Flüssigkeiten zu versuchen. Nachdem verschiedene Farbstoffe in wässeriger Lösung mit demselben ungünstigen Erfolg gebraucht waren, erwies sich als die zweckmässigste Injections-Masse das käufliche Alkanin in Terpentinöl gelöst. Diese Lösung bietet zur Injection feiner Canäle sehr grosse Vortheile. Da sich das Terpentinöl mit wässerigen Flüssigkeiten nicht mischt, ist es bei Anwendung desselben unmöglich, durch Imbibition getäuscht zu werden, — die Injections-Masse verbindet also mit einer ganz ausserordentlichen Feinheit und Durchdringlichkeit den Vortheil eines körnigen Farbstoffes und geht nur in wirkliche Canäle ein; — sie verursacht keine Anquellung der Gewebe wie die wässerigen Flüssigkeiten, noch ein Zusammenschrumpfen, wie die alkoholischen Farbstoffe, so dass auch minimale Oeffnungen durchgängig bleiben; — endlich lässt sich ein zufälliges Extravasat mit reinem Terpentinöl sehr leicht wieder ganz abspülen. Da das Alkanin in Terpentinöl sehr löslich ist, kann man die Injections-Masse recht intensiv färben, so dass die Präparate makroscopisch ganz gut aussehen. — Doch will ich nicht verschweigen, dass mit diesen Vortheilen auch viele Nachtheile verknüpft sind. Die Alkaninlösung wird beim Trocknen des Präparates ausgepresst, in Alkohol löst sie sich, in Glycerin und wässerigen Conservirungs-Medien bleibt sie flüssig, in alkalischen Flüssigkeiten wird sie blau, und endlich sind die Präparate zur mikroscopischen Untersuchung gar nicht geeignet. Auch ist der Farbstoff mit einer ausserordentlichen Intensität und Unvertilgbarkeit begabt, die beim längeren Gebrauche den Händen des Beobachters recht lästig wird.

Die Injection durch Einstich gelang am besten bei folgendem Verfahren. Die Aponeurose wird sammt den mit ihr verwachsenen Muskeln und der bedeckenden Haut herausgeschnitten und straff gespannt auf einem Brett in der Art befestigt, dass die den Muskeln zugekehrte Fläche nach oben sieht. Diese Oberfläche wird dann mittelst scharfer Scheere sorgfältig vom weichen

Bindegewebe gereinigt, dann wird die feine Canüle einer *Pravatz*-Spritze unter sehr schiefem Winkel in die Substanz der Aponeurose gebohrt und eine Probeinjection gemacht. Ist der Einstich gelungen, so erscheinen alsbald feine Striche, die von der Einstichstelle aus den Fibrillenbündeln entlang laufen. Nun legt man auf die Aponeurose ein Glasplättchen von der Grösse eines Objectträgers, in dessen untere Wand eine Furche für die Canüle ausgeschliffen ist, und injicirt unter ganz geringem Druck, währenddem ein Gehilfe mit zwei aufgelegten Fingern abwechselnd hier und dort das Glasplättchen andrückt. Auf diese Weise gelingt es leicht, von einer Anstichsöffnung aus 2—3 □Zoll grosse Strecken der Aponeurose vollständig und rein zu injiciren. Der Druck mit dem Glasplättchen ist absolut erforderlich, weil sonst die Injection aus natürlichen und künstlichen Oeffnungen allenthalben hervorquillt und desswegen nur ganz umschriebene Stellen injicirt werden.

Um den Gehilfen entbehren zu können und einen gleichmässigen sanften Druck zu erhalten, kann man hier sehr zweckmässig das Druckgefäss mit Manometer gebrauchen, welches *Ludwig* und *Zawarykin* bei der Injection der Nieren angewandt haben. Das mit dem Manometer versehene Gefäss wird mit der Injections-Masse gefüllt und wenn beim Heben der andern Flasche das Quecksilber durch die untere Seitenöffnung hinüberfliesst, wird die leichtere Terpentinlösung in den Schlauch getrieben, der an das Glasrohr des durchbohrten Gummipfropfens angebracht ist, welcher die obere Mündung des Manometergefässes luftdicht verschliesst. An das Ende dieses Schlauches ist eine feine Einstich-Canüle gesteckt. Eine Klemme unmittelbar ober der Canüle an den Schlauch gelegt macht es möglich, die Injection nach Bedürfniss zu beginnen und zu sistiren.

Die erhaltenen Präparate erinnern ganz lebhaft an entsprechende des Centrum tendineum, insbesondere zeigt sich diese Aehnlichkeit darin, dass an der Seite der Aponeurose, welche der Muskulatur zugewandt ist, die injicirten Orte als Streifen erscheinen, die den Fibrillen-Bündeln entlang laufen und nur selten hie und da durch Querstreifen verbunden sind, währenddem auf der andern der Haut zugewandten Oberfläche quer und geschlungen verlaufende Kanälchen mit einander communiciren und ein zierliches mehr weniger dichtes Netz bilden. Gegen die Muskelansätze der Aponeurosen vereinigen sich mehrere dieser feinen Zweige zu

dünnen Stämmchen, die alsbald aus dem Sehnengewebe austretend im lockeren Bindegewebe den Muskelmassen zustreben und in dieselben eindringen. Auch begleiten zarte Lymphgefässstämmchen die etwas stärkeren Arterien und Venen der Aponeurose.

Bei dem Missverhältniss zwischen der Blutarmuth und dem ausserordentlichen Reichthum an Lymphgefässen in den Aponeurosen und bei der Aehnlichkeit des Injectionspräparates mit dem Centrum tendineum erschien es a priori höchst wahrscheinlich, dass die Aponeurosen in den Extremitäten bei der Lymphresorption eine ähnliche Rolle spielen, wie das Zwerchfell. Ueber die Fascia lata injicirte flüssige und feinkörnige Farbstoffe wurden jedoch anfangs weder durch directen Druck noch durch Muskelcontractionen zur Resorption gebracht, auch gelang dies nicht, wenn man die ausgeschnittene Fascie in einen Rahmen spannte, auf dieselbe Injections-Massen brachte und sie dann hinunter zerrte.

Erst bei Anwendung der Alkaninlösung gelang auch die natürliche Injection. Wenn man eine Aponeurose über die weite Mündung eines umgekehrten Trichterchens aufgespannt festbindet, einige Tropfen Alkaninlösung auf ihre nach oben gerichtete Muskelfläche giesst und mittelst eines an das enge Rohr des Trichters angesteckten Kautschukschlauches durch rhythmisch wiederholtes Ansaugen der im Trichter befindlichen Luft ein gleichmässiges An- und Abspannen der Aponeurose bewirkt, so zeigen sich schon nach 10—20 Minuten langem derartigen Pumpen, beim Abspülen des aufgegossenen Alkanins auf der Oberfläche ähnliche Streifen, wie nach dem Injiciren durch Einstich und auf der andern, der Höhlung des Trichters zugewandten äussern Seite zierliche Netze von Lymphgefässen.

Später gebrauchte ich folgenden Apparat zum Injiciren des Alkanins. In das freie Ende des an den Trichter gesteckten Gummischlauches befestigte ich das untere Rohr einer grossen ovalen Kugelpipette. Letztere knüpfte ich an das Ende einer Schnur, welche auf zwei an der Stubendecke angebrachten Rollen lief und in der entgegengesetzten Ecke an einen Eisenstab gebunden war, der in der Richtung des Radius an ein Rad geschraubt ist, welches durch die *Otto-Langen*'sche Gasmaschine beliebig häufig 10—60mal in der Minute um seine Achse gedreht wird. Den umgekehrten Trichter klemmte ich in die Branchen eines Retortenhalters und füllte, während die Kugel-

pipette hoch stand, so viel Quecksilber in dieselbe, dass es durch den Kautschukschlauch in den Trichter fliessend denselben bis zur Hälfte anfüllte. Nun band ich die auf ihrer Muskelfläche sorgfältig vom Bindegewebe befreite Aponeurose straff gespannt auf den Trichter, steckte auf denselben ein circa 6 Ctm. hohes entsprechend weites Kautschukrohr, in dessen obere Mündung ein etwa 6 Ctm. langer Glascylinder eingeführt war. In diesen Glascylinder goss ich die Alkaninlösung, so dass die Muskelfläche der Aponeurose mit einer 2—3 Centimeter hohen Schichte bedeckt war. Nun liess ich das Rad laufen, bei dem jedesmaligen Umdrehen senkte sich die Pipette um 4 bis 8 Ctm., das Quecksilber strömt aus dem Trichter in jene und die Aponeurose wird 10—60 Mal in der Minute leicht eingezogen und beim Aufsteigen der Kugelpipette wieder entspannt. Nach $1/4$—$1/2$ Stunde war die Aponeurose gewöhnlich mehr weniger vollständig injicirt.

Andere Injections-Massen, Carmin, Berlinerblau, Orleans, Zinnober und Milch habe ich bei dieser Injections-Methode immer nur mit negativem Erfolg gebraucht, hingegen gelang dieselbe ausser mit terpentiniger auch mit ätherischer Alkaninlösung.

Bei den verschiedenen Methoden erhielt ich die besten Präparate vom untern Theil der Fascia lata, doch auch die Fascia antibrachialis, Cruralis, das äussere Blatt der Rectusscheide gab ganz überzeugende Präparate. Das innere Blatt der Rectusscheide von der Peritonealfläche her injicirt zeigte an derselben wiederholt rothmarmorirte Flecke und es füllte sich von hier aus auf der dem Rectus zugewandten Fläche ein deutliches Lymphnetz, doch kann ich mich nicht von dem Verdacht befreien, dass in diesen Fällen vielleicht kleine Beschädigungen des Epithels am Peritonealüberzug vorhanden waren.

Zum Gelingen der Injection war es bei allen Aponeurosen conditio sine qua non, die weichen Bindegewebsfäden sorgfältig, aber ohne Verletzung der Fascie abzupräpariren. Diese Bindegewebsfäden, welche nach dem Abtrennen der Aponeurose jedenfalls eine andere Lage bekommen als in ihrer natürlichen Verbindung, verlegen die Oeffnungen der Lymphräume und verhindern so die natürliche Injection.

Da es mir noch in keinem Falle gelang, durch Einsaugen feine Körnchen in die Lymphgefässe der Aponeurosen zu injiciren, das aufgespannte Centrum tendineum aber auch nach der oben beschriebenen Methode behandelt in einigen Minuten nicht nur

mit Alkaninlösung, sondern auch mit allerlei körnigen Farbstoffen schnell injicirt wird, so glaube ich annehmen zu können, dass die Oeffnungen der Lymphspalten in den Aponeurosen viel kleiner und eben nur zur Resorption von solchen Flüssigkeiten berechnet seien, die keine Quellung des Gewebes verursachen.

Die Thatsache, dass eine vom Körper abgetrennte Aponeurose die auf ihre innere Oberfläche gebrachte Flüssigkeit in sich einpumpt, brachte es sehr nahe, dass die Muskelbewegung, bei welcher ja auch Fascien und Aponeurosen zeitweise stärker gespannt werden und erschlaffen, durch Aufsaugung der in und um die Muskelmassen abgeschiedenen Lymphe bei dem Lymphstrom in muskulösen Organen eine wichtige Rolle spielen. Es war somit von Interesse zu erfahren, welchen Einfluss die Muskelcontractionen auf die Lymphausscheidung in den Extremitäten ausübt, die eben zum grössten Theil aus Muskeln und sehnigen Gebinden bestehen.

Bei der Unsicherheit und den grossen Schwierigkeiten der Operation am lebenden Thiere schien es angezeigt, den Versuch zu machen in eben getödteten Thieren mittelst künstlicher Blutdurchleitung sowohl Lymphausscheidung, als Contractilität der Muskeln aufrecht zu erhalten, und das Verhältniss der bei Ruhe und der bei Muskelaction ausfliessenden Lymphe zu notiren.

Zur Blutdurchleitung benutzte ich einen sehr einfachen Apparat. Nachdem der Boden einer gewöhnlichen cylindrischen Flasche von circa 2 Liter Inhalt abgesprengt war, verschloss ich die enge Mündung derselben mit einem Korkpfropfen, der von einem Glasrohr durchbohrt und mittels Siegellack fixirt wurde. An das Glasrohr des Pfropfens befestigte ich mit Bindfäden einen bei $1\frac{1}{2}$ Meter langen Kautschukschlauch, in dessen freies Ende ein *T*-Rohr eingebunden war. Der zweite Ast des *T*-Rohres steckte in einem 0·5 Meter langen Gummirohr mit weiter Canüle am freien Ende. Ich will dies Rohr Zuleitungsrohr nennen. Am dritten fürs Manometer bestimmten Ast des *T*-Rohrs war ein ganz kurzer Kautschukschlauch gebunden.

Beim Gebrauche kehrte ich die erwähnte Flasche mit der weiten Oeffnung nach oben und klemmte den engen Hals derselben zwischen die Branchen eines grossen Retortenhalters. Dann wurde der Manometer-Schlauch, so wie auch das Zuleitungsrohr mittelst Schraubenklemmen gesperrt, das Blut in die Flasche gegossen und nun die Endmündung des

Zuleitungsrohres mit dem Blute in der Flasche in gleiches Niveau gebracht, die Klemme geöffnet, und hierauf die Endcanüle des Zuleitungsrohres langsam gesenkt bis das Blut in vollem Strahle herausfloss. Alsbald schloss ich die Klemme und trieb durch dasselbe Manoeuvre auch aus dem Manometerrohre die Luft hinaus. Dann füllte ich den kürzern Arm des Manometers mit Blut und befestigte daran den dazu bestimmten Schlauch des *T*-Rohres. Durch Heben der Flasche am Retortenhalter konnte der Druck im Zuleitungsrohre beliebig gesteigert und an dem mit dem Präparat in gleiche Höhe gebrachten Manometer abgelesen werden.

Um dem Druck einen veränderlichen Werth zu geben, band ich die umgekehrte Flasche an die schon oben erwähnte Schnur, die auf zwei an der Zimmerdecke angebrachten Rollen laufend endlich an einen Eisenstab geknüpft ist, welcher an ein Rad geschraubt, sammt demselben durch die Maschine beliebig oft umgedreht wird. Beim Arbeiten der Maschine wurde somit die Flasche mehr oder weniger häufig auf eine beliebige Höhe gehoben und so die Blutströmung der im lebenden Thiere ähnlicher gemacht.

Zu Beginn der Operation liess ich den Hund aus einer Carotis communis mittelst eingeführter Canüle verbluten und sammelte das Blut unter fortwährendem Herumrühren so lange, bis es nicht mehr im vollen Strahle floss, dann zog ich die Schleife unter der Canüle zusammen, liess das Thier sich erholen und machte den Apparat zurecht. Nachdem das defibrinirte und durch einen Leinwandlappen durchgeseihte Blut aufgegossen, die Schläuche und das Manometer gefüllt waren, kurz Alles zur Blutdurchleitung bereit stand, öffnete ich die Carotis-Canüle aufs neue und zerstörte mittelst eingebohrten Spitzmeissels die Medulla oblongata. Das Blut floss nun wieder in starkem Strome aus und ich gewann auf diese Weise eine bei weitem grössere Quantität, als bei einmaligem Verbluten. Das zweite Blut war reicher an Serum, welches sich meist schon in ganz kurzer Zeit in einer mehrere Millimeter hohen klaren Schicht absetzte und enthielt weniger Fibrin. So war in

Versuch	im ersten Blut Ccm.	trocknes Fibrin pro Mill.	im zweiten Blut Ccm.	trocknes Fibrin pro Mill.	
18	880	1·4	600	0·5	kranker Hund.
19	520	3·7	300	3·2	
20	950	1·7	1200	1·1	
22	460	1·9	770	1·3	

Dies zweite Blut ward zum Zwecke der Blutdurchleitung gleich nach dem Defibriniren dem ersten Blute beigemengt.

Wie bekannt verbluten alte Thiere sehr leicht, sie sterben oft schon nach dem ersten Aderlass und zwar nicht selten ohne Krämpfe und Agonie. Man erhält wenig Blut, der völlige Tod tritt ein, bevor Alles zur Blutdurchleitung bereit ist, und die Ernährungsflüssigkeit kommt zu spät. Aber auch im günstigsten Falle hört die Lebensfähigkeit des von alten Thieren genommenen Präparates ungleich früher auf, aus Gründen, die bis jetzt noch nicht näher definirbar sind. Es ist daher erwünscht junge Thiere zu diesem Versuche zu verwenden. Fette Hunde sind ebenfalls gar nicht zweckmässig.

Als auch die zweite Blutung stand, schnitt ich an der Leiche von der Gegend des Processus ensiformis aus zwischen 7ter und 8ter Rippe quer durch Haut, Weichtheile und Rippenknorpel bis in die Gegend der Axilarlinie, — spaltete mit der Scheere die vordere Bauchwand in der Linea alba bis unter den Nabel, löste das Zwerchfell von den Rippen ab und drückte die Harnblase aus, darauf umschnürte ich das Rectum möglichst tief im Becken doppelt, schnitt es quer durch, — unterband die Arteria meseraica inf. nahe zu ihrem Ursprung und durchtrennte sie Nun löste ich den Darm so weit es durch leichten Zug möglich vom Mesenterium. In der Gegend, wo die Arteria meseraica sup. entspringt, wird eine fernere Lostrennung durch leichten Zug unmöglich: hier führte ich den Finger in das Foramen Winslowii, umgriff den Stamm der Arteria coeliaca und Arteria meseraica sup. und umschnürte beide möglichst nahe zur Wirbelsäule mit einem starken Bindfaden, worauf unterhalb der Unterbindung Alles, was sich dem Lostrennen entgegen stemmte, mit einem Scheerenschlag durchschnitten wird. Dann umschnürte ich mit starken Fäden die Cardia sammt der Arteria coronaria ventric.

sin., welche meist so tief einspringt, dass sie bei der früheren Unterbindung nicht berührt wird, und trennte den Magen ab. Nach Unterbindung und Durchtrennung des Ligamentum hepato-duodenale wird der Magen sammt den Gedärmen aus der Bauchhöhle entfernt. Hierauf öffnete ich den Herzbeutel, unterband doppelt die untere Hohlvene und durchschnitt, währenddem ein Gehülfe die Hinterfüsse der Leiche in die Höhe hob, vena cava asc., oesophagus, aorta, ductus thoracicus, vena azygos, setzte den anfangs begonnenen Querschnitt bis an die Wirbelsäule fort, durchsägte dieselbe im 7ten oder 8ten Rückenwirbel und vollendete mit einigen Muskel- und Hautschnitten die Trennung der untern Körperhälfte von der obern. Nachdem der in die Leber und durch das Foramen quadrilaterum laufende Theil der vena cava mit starkem Doppelfaden im Ganzen zusammengeschnürt war entfernte ich die Leber so, dass zur Verhinderung des Abgleitens der Faden noch ein kleiner Theil von Lebersubstanz zurückblieb.

Nun führte ich in die Durchschnitts-Oeffnung der Aorta eine 15 Ctm. lange, bei sehr grossen Hunden noch längere möglichst weite Glascanüle so tief ein, dass das untere Ende beinahe die Theilungsstelle der Aorta erreicht, band sie oben ein und befestigte den Faden noch durch einen zweiten am Kautschuk-Ende der Canüle, um dem späteren Hinausgleiten derselben vorzubeugen. Nachdem ein Doppelfaden um den zwischen Leber und Niere gelegenen Theil der vena cava geführt und der obere zusammengeschnürt war, setzte ich unmittelbar unter der Unterbindung eine recht weite Canüle in die Vene ein. An dem Schlauchansatz dieser Canüle steckt das mit einem 20 Ctm. langen Gummischlauch versehene Ableitungsrohr.

Während nun ein Gehülfe das Präparat so hielt, dass die Aortencanüle mit der freien Oeffnung nach oben gerichtet war, füllte ich dieselbe mittelst langgespitzter Pipette vorsichtig mit Blut an, steckte das Zuleitungsrohr in den Gummischlauch der Arteriencanüle, öffnete die Klemme und liess das Blut unter niederem Druck (etwa 40^{mm} Quecksilber) in die Arterie strömen. In ganz kurzer Zeit begann das Blut aus dem Ableitungsrohre der Vene im Strom auszufliessen, doch musste man anfangs durch wiederholtes Ausdrücken der Vene das angestaute Blutgerinsel auspressen, ja nicht selten das Ableitungsrohr ganz abnehmen um die Gerinsel zu entfernen. Das im Becherglase

oder Messcylinder aufgefangene Blut wurde in einem Glaskolben mit atmosphärischer Luft so lange geschüttelt bis es hellroth war, dann durchseiht und wieder aufgegossen.

Gleich nach Beginn der Circulation wurden mittelst starkem Bindfaden die Nierengefässe im Ganzen zusammengeschnürt. Ferner unterband ich auch das ganze Bündel der vasa spermatica in der Bauchhöhle. Beim Weibchen umschnürte ich die in den Hilus ovarii tretenden Gefässe und ebenso den Uterus in der Vaginalportion. Ich will gleich hier bemerken, dass die Lymphgefässe der Niere sehr häufig, die des Hodens aber ganz ausnahmslos und zwar schon in recht kurzer Zeit mit reiner Lymphe strotzend gefüllt waren.

Seitdem ich so weite und lange Canülen für die Aorta gebrauchte, welche dieselbe ganz ausfüllten und die oberen Seitenzweige der Aorta von der Circulation ausschlossen, waren die Blutungen beim künstlichen Blutlauf sehr unbedeutend. Höchstens war hie und da ein Ast der Art. diaphragmatica oder der epigastrica descendens noch besonders zu unterbinden. Nur bei Anwendung eines höhern Druckes von über 80 mm Quecksilber war es nöthig die Ränder des Bauchschnittes mit Nadel und Zwirn einzusäumen. Bei Stauungen im Ausfluss des venösen Blutes treten alsbald copiöse Blutungen aus den durchschnittenen Venen auf, insbesondere aus der Vena azygos und den Rückenmarkssinus. Diese Blutung stillte ich dadurch, dass ich einen Kork in den Wirbelcanal eintrieb und die Wirbelsäule unterhalb der obersten Rippe des Präparates mit einem starken Bindfaden umschnürte.

Die Lymphcanüle führte ich in den untern Theil des ductus thoracicus ein. Da die Cysterna chyli sich beim Hunde gewöhnlich bis zwischen den 11ten und 12ten Wirbel erstreckt, wählte ich meist die Stelle zwischen 9tem und 11tem Wirbel; — doch hängt dies immer von der Individualität ab. Brückenbildungen sind nemlich am ductus thoracicus kein seltenes Vorkommniss, man muss immer auf diesen Fall bedacht sein und es ist nothwendig nach Ablösung der Pleura und Zerreissung des lockeren Bindegewebes einen grösseren Theil des ductus thoracicus zu präpariren und in eine solche Stelle einzubinden, die verhältnissmässig weit erscheint. Auch bei der Lymphcanüle ist es rathsam den Einbindungsfaden durch ein besonderes Band am freien Ende der Canüle zu befestigen.

Zum Auffangen der Lymphe benutzte ich 0·8 bis 1 Ctm. weite an einem Ende zugeschmolzene, 10 Ctm. lange dünnwandige Glasröhrchen, deren Mündung mittelst eines doppelt durchbohrten Korkes verschlossen war. Im Kork steckt ein gebogenes Glasröhrchen, das durch einen kurzen Kautschuk-Schlauch mit der Lymphcanüle verbunden wird und ein anderes ganz dünnes Glasröhrchen um die Luft austreten zu lassen. Dieses Eprouvetten-ähnliche Sammelgefäss war durch einen Faden an der rechten Seite der Wirbelsäule leicht fixirt und hing von der auf dem Rücken liegenden Leiche senkrecht herab. An dasselbe war eine Mm-Skala geklebt um den Zuwachs an Lymphe bestimmen zu können.

Blutstrom.

Bevor ich auf die Resorption der Lymphe im überlebenden Körpertheile eingehe, will ich der Circulation des Blutes mit einigen Worten gedenken.

Zu Anfang der Durchleitung fliesst das Blut auch bei ganz geringem Druck etwa 30—40 ^{mm} Quecksilber im starken Strahle aus der Vene und wenn auch hie und da durch Gerinselbildung kleine Unregelmässigkeiten im Ausfluss verursacht sind, können dieselben sehr leicht ausgeglichen werden. Anders gestalten sich die Erscheinungen später. Nach etwa zwei Stunden, nicht selten schon früher, wird das Abfliessen langsamer und wenn im Anfang 80—100 Ccm. Blut in der Minute aus dem Ableitungsrohr strömten, kommen einige Stunden nachher nur 14—10—5 Ccm. heraus. Steigert man nun den Druck, dann fliesst eine Zeit lang wieder eine grössere Quantität aus, doch bald sinkt die Menge des ausfliessenden Blutes wieder auf das frühere Minimum herab und man kann nach und nach zu einer drei- und vierfachen Druckhöhe steigen, bei welcher zahlreiche Ecchymosen entstehn und Blutungen an solchen Stellen auftreten, die bereits Stunden lang trocken gewesen sind, und doch beträgt die Menge des aus der Vene ausgeflossenen Blutes nur einige wenige Ccm.

Es lag jedenfalls in meinem Interesse den Grund dieser, dem Gelingen meiner Versuche feindlich entgegentretenden Circulationsstörung aufzudecken. Vor Allem war hier an die durch Concentration des Blutes bedingte veränderte Gestalt der Blutkörperchen als Ursache der Circulationsstörung zu denken. Aber abgesehn davon, dass die Verlangsamung des Blutstroms auch

nach der Verdünnung mit $^1/_2$ % Kochsalzlösung fortdauerte, ergab sich aus Folgendem eine andere Erklärung. Untersucht man nemlich zur Zeit der Verlangsamung die grösseren Arterien, so erscheint ihr Durchmesser sehr gering. Die kleinern Arterien erscheinen als weisse Streifen zwischen zwei rothen, die Art. epigastrica ascendens ist oft durchweg blutleer, aber auch Arterien 3ten und 2ten Ranges sind augenfällig verengt, mehr weisslich als roth, härter anzufühlen, etwa so wie das vas seminale. Wiederholt beobachtete ich an solchen Arterien spindelförmige Abschnürungen ohne die geringste Veränderung der Wandung. Die Störung ist somit nicht durch venöse oder andere Stauungen, sondern durch Arterienverengerung bedingt. Es könnte dieselbe vielleicht als eine Art Todtenstarre aufgefasst werden, doch sprechen dagegen mehrere Erscheinungen. 1) Die Verengerung der Arterien tritt meist ein, bevor noch in den Muskeln der geringste Grad von Starre bemerkt wird; die Muskeln reagiren auf den electrischen Reiz zwar immer schwächer, aber doch noch Stunden lang, und wenn auch endlich die Reizbarkeit erlischt, glaube ich annehmen zu können, dass dies eben vorzüglich durch die ungenügende Blutzufuhr bewirkt wird. 2) Durch anhaltende starke galvanische Reizung gelingt es am herauspräparirten Theile der contrahirten Arterie eine Ausdehnung zu bewirken. 3) Das den Arterien zugeführte Blut ist arteriel, das aus der Vene fliessende noch immer dunkel und es ist schwer zu begreifen, warum in den zur Lebensquelle am nächsten stehenden Gefässmuskeln der Tod gerade früher eintreten sollte, als an den entfernteren animalischen Muskeln. 4) Wenn man zu Beginn der Circulationsstörung von einem andern Thier gewonnenes ganz frisches Blut durchleitet, so dauert nichts desto weniger die Circulationsstörung noch immer fort und nimmt sogar noch zu. 5) Unterbricht man die Circulation für 10—20 Minuten in dem Zuleitungsrohr, so hört in Kurzem das Aussickern gänzlich auf; lässt man nun den Strom los, so fliesst das Blut eine Zeit lang sehr schnell durch, aber schon in einigen Minuten wieder langsamer. Dies Experiment kann man mehrmals mit demselben Erfolge wiederholen. Aehnliche Erfahrungen hat auch *Sadler*[1]) am Blutstrom im ausgeschnittenen Muskel gemacht und diese Erscheinung auf einen lokalen Er-

1) Arbeiten im phys. Laborat. zu Leipzig 1869, Seite 212.

stickungszustand der Gefässmuskeln zurückgeführt. 6) Wird durch Schliessen der Klemme des Zuleitungsrohres die Circulation so lange unterbrochen bis die Muskeln vollkommen starr und todt geworden sind und auf keinen Reiz mehr reagiren (10—12 Stunden lang) und lässt man dann wieder Blut einströmen, so geht es Stunden lang ganz schnell durch und es hängt nunmehr die Geschwindigkeit nur von der Druckhöhe ab. Bei einer Druckhöhe von circa 80 mm Quecksilber strömt es gewöhnlich im continuirlichen Strahle aus dem venösen Ableitungsrohr. Die früher verengten Arterien dehnen sich nun ganz bedeutend aus und dort, wo früher spindelförmige Erweiterungen waren, ist nun die Arterie auch gleichmässig cylindrisch geworden. In Versuch 19 war an der linken art. cruralis 8 Stunden 48 Min. nach dem Tode, als bei einem Druck von 102—112 mm Quecksilber nur 7·5 Ccm. Blut ausflossen, der äussere Querdurchmesser nur 3 mm gross, hingegen 25 Stunden nach dem Tode, als bei einem Druck von 90 mm Quecks. 104 Ccm. Blut ausflossen, mass derselbe 4·8 mm und an der rechten art. cruralis war der Durchmesser von 3 mm bis auf 4·4 mm vergrössert. In Versuch 20, in welchem 10 St. 44 Min. nach dem Tode unter einem Druck von 107 mm Quecksilber 10 Ccm. Blut ausflossen, mass die linke Cruralis im äussern Querdurchmesser 4 mm, die rechte 5 mm; letztere zeigte unterhalb der Messungsstelle eine spindelförmige Erweiterung von 5·7 mm Querdurchmesser. Als nach 12 St. 40 Min. langer Unterbrechung des Blutstroms bei starker Todtenstarre unter demselben Druck 160 Ccm. Blut ausflossen, war der äussere Durchmesser links auf 6·5 mm, rechts auf 6·6 mm vergrössert, und von einer Spindelform gar nichts zu bemerken.

Nach diesen Erfahrungen glaube ich annehmen zu können, dass die Behinderung der Circulation des arteriellen defibrinirten Blutes im Gefässsystem eines vom Körper abgetrennten Theiles durch eine langandauernde Contraction der Arterien-Muskulatur, durch einen Gefässkrampf, bedingt sei.

Der Gefässkrampf scheint zuerst in den Gefässen der Haut aufzutreten; wo immer man in dieselhe einschneidet, findet man gleich zu Beginn des Versuchs eine ganz ausgesprochene Anämie, und selbst aus den grösseren Hautgefässen sickert nach dem Durchschneiden nur sehr wenig Blut aus.

Ueber die Circulationsverhältnisse möge die beigefügte Tabelle einigen Aufschluss geben.

Uebersicht über die Erscheinungen der Blutcirculation in den überlebenden Extremitäten.

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
11	40	1	—	circa 80	Erwachsene Hündin.
		1	30	circa 45	Blutmenge 600 und 430 =
		4	7	10	1030 Ccm. Beginn der Durch-
		8	—	8·5	leitung 30 Min. nach dem
	80	8	15	35	Tode.
		9	15	30	das Blut schon etwas decom-
		9	26	21	ponirt.
		9	42	14	Muskelcontraction sehr
		10	24	10	schwach.
	104	10	45	14	
		10	50	12	
	0	10	57	—	Stillst. bis 11·8 = 11 Min.
	104	11	10	40	
		11	13	11	
	0	11	23	—	Stillst. — 11·37 = 14 Min.
	104	11	38	38	
		11	42	7	
		11	45	5	
	0	11	44	—	Stillst. — 12·2 = 18 Min.
	104	12	3	45	
		12	10	5	
	0	12	11	—	Stillst. — 24 = 11 St. 50 Min.
	104	24	5	5	totale Muskelstarre.
		24	15	25	das Blut ganz lackfarbig.
		24	23	30	24 St. 11 Min. Zusatz von
		24	30	44	200 Ccm. $^1/_2$ % Kochsalzlös.
					Junger räudiger Hund.
19	44	0	35	circa 80	Blutmenge 520 und 300 =
	44—54	1	33	circa 38	820. Beginn der Blutdurch-
		1	51	33	leitung 13 Min. nach dem
		2	23	20	Tode. Um 2·35 — von einem
		2	30	18	andern eben getödteten Hund
		2	45	12	300 Ccm. Blut zugefügt.
	75—85	2	48	8	
		3	10	8	
	94—104	3	22	8·5	
		3	23	8·5	
		3	24	10	
		3	28	9	
		3	30	8	Durchmesser der rechten art.
		3	56	10	cruralis 3 mm

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
19		3	58	9	
		3	59	10	
		4	11	14	
		4	56	9·5	
		5	11	10	
		5	19	10·5	etwas Todtenstarre.
	auf 102—112	5	54	21·5	
		6	6	20·5	
		6	18	19·5	
		6	21	20	
		6	22	21	
		6	23	23	
		6	43	17	
		7	2	17	
		7	3	15.5	
		7	43	14	
		7	45	13	
		7	46	12·5	
		7	47	11	
		7	55	10·5	
		7	57	9	
		8	—	8·5	die Contractionen sehr schlecht.
		8	28	8·5	
		8	48	7·5	Durchmesser der linken Cruralis 3 mm
		9	12	8	
		9	13	8	8 St. 58 M. Zusatz von 325 Ccm.
		9	14	7	$^1/_2$% Kochsalzlösung.
		9	15	8	
	0	9	58		Stillst. bis 10·8 = 10 Min.
	102—112	10	9	circa 80	
		10	14	7	
		10	20	5	
	0	10	23		Stillst. bis 10·34 = 11 Min.
	102—112	10	35	circa 80	
		10	40	7	noch ganz geringe Reaction.
	0	11	13		Stillst. bis 24·23 = 13 St. 10 M.
	90	24	30	circa 100	starke Todtenstarre.
		25	29	104	die Gefässe erweitert.
		26	33	90	rechte Cruralis 4·4 mm, linke
		27	38	circa 90	4·8 mm, das abfliess. Blut arteriell.
					Grosser alter Hund.
20	50	1	5	circa 90	Blutmenge: 950 und 1200 =
		1	25	circa 60	2150 Ccm.
	58—68	2	5	83	Beginn der Blutdurchleitung
		3	32	100	33 Min. nach dem Tode. Im
		3	40	99	rechten Schenkel war die Re-
		4	5	99	action von Anfang an schlecht,

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
20		4	15	96	um $5^1/_2$ Uhr schon Beginn der Todtenstarre.
		4	55	88	
		5	10	100	
		5	31	90	
		5	46	90	
		7	10	60	
	70—78	7	25	90	
		7	52	50	
		7	57	56	
		8	20	68	
	70—78	8	29	72	
		9	10	30	Sehr schwache Reaction und in vielen Muskeln keine. 9 St. 22 M. Steigerung des Drucks und Zusatz von 250 Ccm. $^1/_2$% Kochsalzlös. 9 St. 56 M. Steig. des Drucks auf 107. Die linke art. crur. im Querd. 4 mm, die rechte 5 mm, letztere eine spindelförmige Erweit. v. 5·7 mm Durchm.
		9	20	30	
	90	9	25	60	
		9	37	24	
		9	45	22	
	107	10	9	44	
		10	40	10	
		10	41	10	
	0	10	42		Unterbrech. bis 11·15 = 33 M.
	107	11	17	68	
		11	30	34	
	0	11	31		Unterbrech. bis 24·10 = 12 St. 40 Min.
	107	24	15	160	starke Todtenstarre. Die linke cruralis 6.5 mm, die rechte 6·6 mm. Die spindelförmige Erweiterung ausgeglichen. Das Blut fliesst dann Stunden lang im Strome.
					Erwachsener Hund.
26	40—50	0	23	circa 60	Blutmenge 535 u. 740 = 1275. Beginn der Circ. 21 Min. nach dem Tode.
		0	26	45	
	52—56	1	29	20	
		2	24	5·5	
	84—94	2	29	14	kaum noch Reaction.
		2	38	23	
	100—110	3	11	38	
		3	46	41	
		3	49	43	
		3	54	48	Reaction etwas besser.
		5	4	82	
	0	5	24		Unterbr. bis 6·34 = 1 St. 10 M.
		6	35	118	Schwache React. ist noch vorhanden. Blutm. 650 Cm.
		7	—	circa 115	

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
28	40–50	0	30	circa 30	Trächtige Hündin.
	70–80	1	10	3	Blutmenge 260 und 160=420.
		1	50	3	Beginn der Blutdurchleitung
	92–102	1	55	12	24 Min. nach dem Tode.
		2	—	8	Kaum noch Reaction.
		2	25	3·5	
		3	31	9	
		4	27	13	
		4	40	21·5	Das ausfliessende Blut ist nicht
		5	30	30	mehr so venös. Um 4.52 beginnt die Todtenstarre. Um 5,30 nur noch 200 Ccm. Blut.
17	30–40	0	44	13	Kleiner alter Hund.
		0	54	9·6	Blutmenge 380+130=510.
	40–50	1	31	11	Beginn der Blutdurchleitung
	48–58	1	37	15·6	44 Min. nach dem Tode.
		1	51	13·6	Kaum noch Reaction.
	64–74	2	31	14·3	
		3	1	38	325 Ccm. 1/2 % Kochsalzlös.
		3	21	43	
		3	36	41	
		3	51	41	
		4	46	36	
		4	51	30	
		5	6	29	
		5	28	31	
		5	41	42	
		5	56	47	
		6	11	42	
		6	21	46	Gar keine Reaction.
		6	23	52	
		8	16	40	
		8	26	24	
		8	31	31	
	0	8	32	—	Unterbrechung bis 24.56=16
	74	25	1	22	St. 24 Min.
		25	2	31	Von da ab zwischen 30 und 40.
15	40–50	—	45	42	Alter mittelgrosser Hund.
		1	20	16	Blutmenge 450 und 210=660
		1	38	17	Ccm. Beginn der Blutdurch-
		2	18	20	leitung 32 Minut. nach dem
		2	43	24	Tode.
		4	45	37	Sehr schlechte Reaction. Das
		5	40	45	venöse Blut nicht so dunkel.
		6	30	37	Um 5·10 Min. Zusatz von 250
		6	56	35	Ccm. 1/2 % Kochsalzlösung.

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
15		7	25	34	Um 5½ Uhr die Reaction etwas stärker. Das ausfliessende Blut auffallend hell. Nur im Psoas und den Gluteen Reaction.
		7	38	32	
		8	19	20	
		8	35	30	
		8	55	18	
		9	35	30	
18	40	0	25	100	Erwachsene Hündin. Blutmenge 880 u. 600 = 1480. Blutdurchleitung 20 Minuten nach dem Tode.
		0	57	80	
		1	17	27	
	46–56	1	30	26	
		2	10	23	
		2	25	18	
		2	55	23	
		3	5	14	
	50–60	3	12	23	
		3	29	22	
		3	31	21	
		4	15	25	
		4	35	25	Zusatz von 200 Ccm. ½ % Kochsalzlösung.
	66–76	5	30	54	
		5	35	52	Schlechte Reaction.
		7	50	40	Beginn der Todtenstarre.
		8	30	32	
		8	58	24	
		9	10	23·5	Um 9·20 Zusatz von 160 Ccm. Kochsalzlösung.
		9	35	25	
		10	32	22	
	0	10	33	—	Unterbrechung bis 22·26 = 11 St. 53 Min.
	70	22	29	9	
		22	30	10	
		22	31	11	
		22	32	14	
		22	33	16	
		22	35	18	Die art. crurales beiderseits beinahe doppelt so weit als gestern.
		22	37	17	
		22	38	22	
		22	40	20	
		22	43	14	
		22	44	18	
		22	45	19	
		22	46	18	
		22	47	16	
		22	48	18	
		22	49	17	
		22	51	17	
	0	22	52	—	Unterbrechung bis 22·57 = 5 Minut. Nach der Oeffnung fliesst das Blut eine halbe
	70	23	1	12	
		23	2	14	

Versuchs-Nr.	Blutdruck in Quecks. mm	Zeit nach dem Tode St.	Zeit nach dem Tode Min.	Menge des in einer Min. ausgefl. Blutes Ccm.	Bemerkungen.
18		23	4	13	Min. lang im Strome, dann wieder in langsamen Tropfen.
		23	6	12	
		23	7	13	
		23	8	12	
		23	9	13	
		23	10	12	
		23	11	12	
	76	23	25	16	
		23	26	17	
		23	28	15	
		23	29	14	
		23	30	16	
		23	31	14	
		23	32	15	
		23	33	15	
	91	23	38	25	
		23	39	20	
		23	43	19	
		23	44	20	
		23	47	21	
	0	23	48	—	Unterbrechg. bis 25·41 = 1 St. 53 Min.
	91	25	42	22	
		25	44	26	
		25	45	29	
		25	46	30	
		25	48	29	
		25	49	28	
	70	25	54	12	
		25	55	10	
		25	57	10	
		26	4	8	250 Ccm. ½ % Kochsalzlösung zugefügt.
		26	14	14	
		26	15	14	
		26	16	12	
		26	17	12	
		26	18	11	
		26	28	11	
		26	33	10	
		26	35	11	
		26	37	10	
22	40–50	—	34	circa 90	Grosser alter Hund.
		—	39	circa 60	Blutmenge 460 und 770 = 1230 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 26 Minut. nach dem Tode.
	62–72	1	6	circa 80	
		1	56	28	
		2	24	29	
		3	13	50	
		4	16	45	sehr schlechte Reaction.
		5	16	37	

In Versuch 14 beginnt die Gefässcontraction anderthalb Stunden nach dem Tode, erreicht in 4 St. 7 Min. schon einen hohen Grad. Bei Steigerung des Druckes fliesst wohl für kurze Zeit mehr Blut aus, aber die Menge verringert sich rasch; nach 10 Minuten langer Unterbrechung der Circulation fliesst wohl in der ersten Minute bedeutend mehr Blut aus, aber schon nach wenigen Minuten sinkt die Quantität desselben auf ein Minimum ab. Nach 12 Stunden langer Sistirung des Kreislaufes fliesst bei vollkommener Todtenstarre das Blut viel schneller aus.

In Versuch 19 zeigen sich ganz ähnliche Verhältnisse, doch ist hier noch besonders interessant die rasche Steigerung des Gefässkrampfes nach dem Zusatz lebensfrischen Blutes von einem andern Hund und die Erscheinung, dass nach Zusatz einer bedeutenden Quantität Salzwassers die Menge des ausfliessenden Blutes nicht besonders alterirt wird.

Bei 20 tritt der Gefässkrampf erst 9 Stunden nach dem Tode auf und steigert sich gegen Ende des Versuchs. Nach 33 Min. langer Pause fliesst das Blut viel schneller durch, nimmt aber bald wieder ab. Nach 12 Stunden langer Unterbrechung fliesst das Blut unter einem gleichen Drucke stundenlang im Strome ab.

In 26 tritt die Gefässcontraction sehr schnell auf und hat in $2^1/_2$ Stunden nach dem Tode schon ihr Maximum erreicht (5 Ccm.), lässt aber sehr schnell nach; so dass 3 Stunden später schon 32 Ccm. Blut abfliessen. Nach 1stündiger Unterbrechung ist jedoch der Blutstrom noch viel schneller (113 Ccm.).

Ein ähnliches Verhalten finden wir im 28. Fall. Die Circulationsstörung hat hier schon 1 St. 10 Minuten nach dem Tode ihr Maximum erreicht und dauert an bis 2 St 25 Min. (3·5 Ccm.). Nun wird die Menge des ausfliessenden Blutes immer grösser und beträgt $5^1/_2$ Stunden nach dem Tod schon 30 Ccm.

Im 17. Versuch tritt der Gefässkrampf vielleicht wegen des verspäteten Eintritts der Circulation gleich beim Beginn auf, aber trotzdem dass die Blutgeschwindigkeit sich nach 2 Stunden bessert, war die Lebensthätigkeit der Muskeln vernichtet.

Bei 15 hat wohl auch schon $1^1/_2$ Stunde nach dem Tode der sonst wenig ausgesprochene Gefässkrampf sein Maximum erreicht (16 Ccm.), doch war hier mit dem Nachlass desselben (in $6^1/_2$ St. nach dem Tode 45 Ccm.) eine merkliche Besserung der Contractilität eingetreten.

In Versuch 18 verringert sich die Menge des ausfliessenden Blutes bis zur 3. Stunde, dann zeigt sich ein geringes Steigen und Fallen ohne ausgesprochenen Gefässkrampf. Dieser Fall ist der einzige, in welchem nach dem Eintreten vollständigen Absterbens und starker Todtenstarre unter gleichem Drucke weniger Blut durchfliesst als früher, trotzdem dass die vorher verengten Arterien bedeutend erweitert waren. Hier muss wohl eine Behinderung der Circulation in den Capillaren angenommen werden, entweder durch die Todtenstarre der Muskelsubstanz, oder was im Vergleich mit den früheren Versuchen plausibler erscheint, es war statt der früheren Contraction der grössern Gefässe eine Verengerung, vielleicht Todtenstarre, in den kleinen Gefässchen aufgetreten.

Bei 22 endlich war der Gefässkrampf sehr wenig ausgesprochen und dauerte sehr kurz.

Meine Bemühungen, die Ursache des Gefässkrampfes zu ermitteln, sind leider erfolglos geblieben. Der Druck ist bei der künstlichen Circulation viel geringer, als im lebenden Thier, — doch dauerte der Krampf auch bei Steigerung des Druckes fort, ja er wuchs mit demselben im gleichen Verhältniss. — Anfangs gebrauchte ich constanten Druck und es war somit denkbar, dass durch die gleichmässig andauernde Ausdehnung der elastischen Arterie die Muskeln derselben gereizt würden. Als ich dann durch Heben und Senken der Flasche den Druck rhythmisch änderte, trat der Krampf auch ein, hielt jedoch nicht selten nur kürzere Zeit an und es kamen Fälle vor, in denen er erst nach langer Zeit, z. B. in Versuch 20 erst 9 Stunden nach dem Tode auftrat, oder gar nicht recht ausgesprochen war, aber andere Fälle (19) beweisen, dass der Krampf trotz der discontinuirlichen Druckwirkung nicht nur auftritt, sondern auch recht lange andauern kann. Was für eine Rolle dem Erkalten des Blutes bei diesem Vorgange zufällt, habe ich bis jetzt noch nicht untersucht; denn abgesehn von den technischen Schwierigkeiten bringt die Erwärmung des Blutes so grosse Nachtheile mit sich, dass ich mich bis jetzt noch nicht zu einer Anwendung desselben entschliessen konnte. Inwiefern die Beschaffenheit des durchgeleiteten Blutes dabei einwirkt, kann ich bis jetzt nicht entscheiden, doch ist es gewiss, dass der Krampf ausnahmslos auftrat, als das Blut noch gar keine Zeichen der Zersetzung zeigte und nach dem Schütteln hellroth blieb, auch dauerte der Gefässkrampf fort und nahm zu, wenn ganz frisches Blut von einem andern Thiere durchgeleitet ward.

Was immer auch die Ursache des Gefässkrampfes sein mag, jedenfalls hat derselbe einen bedeutenden Einfluss auf das Ueberleben des Muskels. Bei allen Versuchen erlosch nach dem Auftreten eines starken Gefässkrampfes die Contractilität und selbst wenn er nur sehr kurze Zeit gedauert hat, wie in Versuch 26 etwa 2 Stunden, bessert sich bei schnellerer Circulation späterhin die Contractilität nur sehr wenig oder gar nicht. Doch will ich ganz besonders hervorheben, dass nicht selten die Muskelthätigkeit sehr schlecht wird, bevor noch ein ausgesprochener Gefässkrampf aufgetreten ist, wie bei Versuch 15, 20, 22 und somit eine gewisse Unabhängigkeit der Muskelcontractilität von der

Geschwindigkeit der Circulation nicht in Abrede gestellt werden kann. Die Contractilität hängt vorzüglich davon ab, wie bald nach dem Tode die Circulation begann.

Wie schon aus dem Früheren ersichtlich, benutzte ich zur Blutdurchleitung das eigene Blut des Versuchsthieres und gebrauchte von Anfang bis zu Ende jedes Versuches (mit einziger Ausnahme des 19ten) dasselbe Blut. Vor dem Gefässkrampfe und während desselben wird das eingeführte arterielle Blut im Durchfliessen stark venös; hatte der Gefässkrampf aufgehört und war die Lebensthätigkeit der Muskeln nahezu oder völlig erloschen, dann war das Blut des Ableitungrohres beim schnellen Durchfliessen immer heller, beinahe so hell, wie das arterielle Blut. Es ergeht hieraus, dass die noch lebenden Gewebe den dargebotenen Sauerstoff viel besser benutzen, als die abgestorbenen. In den meisten Fällen war das Blut auch zu Ende des Versuchs noch unzersetzt, nur einmal (in Versuch 14) zeigte in den letzten Stunden der Durchleitung (7 Stunden nach dem Tode) das Blut schon Zeichen der Zersetzung, es nahm beim längern Schütteln wohl noch eine hellrothe Farbe an, wurde aber schon in der Zuleitungsflasche dunkler und glich dem venösen, als es in die Aortencanäle gelangte. Dennoch hielt der Gefässkrampf an, und die Reizbarkeit der Muskeln blieb auch noch Stunden lang erhalten.

Zu Beginn der Durchleitung gerann das venöse Blut gewöhnlich schon im Hauptstamme der Vene, in der Canüle und dem Ableitungsrohre, und immer war bis zur vierten oder fünften Durchleitung der Blutmenge noch einiges Fibringerinsel vorhanden, welches nach dem Schütteln abfiltrirt wurde; späterhin war auch bei stundenlanger Durchleitung kein Fibrin mehr im Blute vorhanden.

Die Masse des durchgeleiteten Blutes nimmt sehr rasch ab und ist in 5—6 Stunden auf die Hälfte der ursprünglichen reducirt. Bei der unbedeutenden Menge der abgeschiedenen Lymphe und der geringen Blutung sind zweifellos die Wasserverdunstung und der Verlust beim Schütteln und Umfüllen als die hauptsächlichsten Ursachen der Verringerung der Blutmasse anzusehn. Das Blut wurde arm an Serum und der Eiweissgehalt des Serums stieg nicht unbedeutend. Der Wasserverdunstung könnte man ohne besondere Schwierigkeiten durch Modification des Apparates

Einhalt thun; für jetzt begnügte ich mich durch Zusatz $^1/_2$procentiger Kochsalzlösung den Fehler zu corrigiren.

Die Befunde der chemischen Untersuchung des frischen und durchgeleiteten Blutes und Blutserums sind im Folgenden verzeichnet:

Analyse des Blutes vor und nach der Durchleitung.

Versuchs-Nr.	Blutmenge in Grammen		Hämoglob. und Eiweiss in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille
19	Frisches Blut	11·0	—	bestimmte Reaction
»	$5^1/_2$ St. durchgeleitetes	11·6	—	keine Reaction
22	Frisches Blut	8·3	14·10	0·6—0·2 Alkoh.
»	5 St. durchgeleit.	11·0	20·36	keine Reaction
26	Frisches Blut	7·9	18·86	0·18—0·14 Alkoh.
»	$5^1/_2$ St. durchgeleit.	7·1	21·03	keine Reaction
28	Frisches Blut	5·1	15·76	0·07—0·06 Alk.
»	5 St. durchgeleit.	6·9	17·92	keine Reaction

Analyse des Serums des zur Blutdurchleitung benutzten Blutes vor und nach der Durchleitung.

Versuchs-Nr.	Blutmenge in Grammen		Hämoglob. und Eiweiss in Procent.	Asche in Proc.	Chlorid in Proc.	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille
16	Frsch. Blut-Serum	11·1	6·64	1·07	0·64	deutliche React.
»	7 St. durchgel. S.	3·4	7·69	0·93	0·72	keine React.
19	Fr. Blut-Ser.	12·6	6·03	0·78	0·58	sehr starke R.
»	$2^1/_2$ St. durchgel.	8·4	6·73	—	—	viel schwäch. R.
21	Fr. Blut-Ser.	7·8	6·19	—	—	deutliche React.
»	4 St. durchgel.	8·2	6·69	—	—	keine React.
26	Fr. Blut-Ser.	4·1	—	—	—	0·49 Alkoh.
»	$5^1/_2$ St. durchgel.	1·2	—	—	—	keine React.
28	Fr. Blut-Ser.	3·1	—	—	—	deutliche React.
»	5 St. durchgel.	7·6	—	—	—	keine React.
20	Fr. Blut-Ser.	3·1	6·05	—	—	keine best. R.
24	Fr. Blut-Ser.	8·0	7·66	—	—	0·8 Alkoh.

Es zeigt sich somit neben einer bedeutenden Vermehrung an Eiweiss ein sehr auffälliges Schwinden an Zucker (Kupfer reducirender Substanz). Die fernere Begründung und Ausbeute des letzteren wichtigen Resultates hoffe ich erst durch fortge-

setzte Versuche zu erlangen; auch war mir eine weitergreifende chemische Untersuchung des durchgeleiteten Blutes bis jetzt nicht möglich.

Lymph-Ausscheidung.

Zwei bis drei vielfach anastomosirende Lymphgefässe laufen längst der Vena cruralis unter dem *Poupart*'schen Band einer bohnengrossen Drüse zu, von welcher in Begleitung der Vena iliaca mehrere im strotzend gefüllten Zustande höchstens 2 mm dicke Stämmchen in eine zweite etwas grössere Drüse führen, die in der Gegend der Symphysis sacro iliaca an der äussern Seite der grossen Blutgefässe in lockeres fetthaltiges Bindegewebe eingebettet ist. Die ableitenden Gänge dieser Drüse sind auch durch Anastomosen mit einander verbunden, währenddem sie zur Cysterna chyli streben. Somit ist das Auffangen der Lymphe unterhalb des Ductus thoracicus beinahe mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden. Abgesehen vom Einbinden der Canüle in die dünnen Stämmchen, die nach der Eröffnung in ihr Nichts zusammensinken, so dass man weder Wand noch Lichtung sieht, ist es kaum möglich, alle Nebenkanäle und Anastomosen zu unterbinden, und selbst in diesem Falle hat man eine Unzahl von Sackgassen, die beim Ausdrücken einreissen. Die Cysterna chyli selbst ist besonders in dem in der Bauchhöhle befindlichen Theile sehr fest an die rechte Seite der Aorta angewachsen, nicht zu isoliren und theils schon desswegen, theils der weiten und vielfachen Verästelungen halber zum Einbinden der Canüle nicht geeignet. Dieser anatomischen Verhältnisse wegen wählte ich eben den untern Theil des Ductus thoracicus und glaube, dass ich nach Entfernung des Darmkanals und der Leber, nach Unterbindung der Nieren und Hoden, respective des Uterus und der Ovarienlymphgefässe, eben nur diejenige Lymphe erhielt, welche um und in den Muskelmassen producirt wird. Die Lymphe aus der Haut glaube ich desswegen von jeglicher Berücksichtigung ausschliessen zu können, weil die Haut ganz blass war und beim Einschneiden, wie schon früher erwähnt, kaum blutete.

Schon beim Einbinden in den Ductus thoracicus füllte sich gewöhnlich die Spitze der Canüle, in manchen Fällen wohl auch die ganze Canüle mit Lymphe, doch war der Druck natürlich viel zu gering, um alle in den grösseren Gefässen enthaltene Lymphe ins Sammelgefäss zu treiben; es musste durch leises Ausdrücken der Hauptstämme nachgeholfen werden. Ich begann

an der innern Fläche der Oberschenkel und führte die Finger längst der grossen Beckengefässe an die vordere Fläche der Wirbelsäule hinauf, umgriff in der Höhe der Nieren die rechte Seite der Aorta, drückte dieselbe sanft an die Wirbelsäule und schob die Finger längst der Aortencanüle bis zur Höhe der Einbindungsstelle im Ductus thoracicus hinauf. Um die Weichtheile vor Verletzung zu wahren, benutzte ich beim Ausdrücken die vordere Bauchwand und in dem obersten Theile das Zwerchfell als schützende Decke. Bei der Weite des Lymphgefässsystems in der Bauchhöhle ist die Nothwendigkeit dieses Handgriffs leicht verständlich, um so mehr, weil die zwei wichtigsten Factoren zur Fortbewegung der Lymphe im Leben, — die Bauchpresse und die rhythmische Bewegung des Zwerchfells — zu wirken aufgehört haben.

Zur Reizung der Muskeln gebrauchte ich den secundären Strom des *du Bois*'schen Schlittens mit salzwasserfeuchten Electroden; eine Electrode befand sich an der Durchtrittstelle des N. cruralis unter dem *Poupart*'schen Band oder auch zwischen Sitzbeinknorren und Trochanter über dem Nerv. ischiadicus, die andere bald an dieser bald an jener Hautstelle des Oberschenkels, deren Haare abgeschoren und deren Oberfläche mit Salzwasser benetzt war. In der ersten Stunde genügten schwache Ströme, die Muskeln zogen sich kräftig zusammen und arbeiteten lange Zeit, ohne zu ermüden. Aber später wurden starke Ströme nöthig, der Muskel ermüdete in sehr kurzer Zeit und allmählig sagten einzelne den Dienst ganz auf. Am längsten reagirten gewöhnlich die Hüftbeinmuskeln, der Psoas und die Rückenmuskeln.

Beim Gebrauch starker Ströme zeigten sich an den Stellen, welche der Electrode am nächsten lagen, zahlreiche bis bohnengrosse Ecchymosen, trotzdem dass viele Stunden nach dem Tode des Thieres verflossen waren. Auf dem Durchschnitt solcher dunkel blaurother Flecken erscheint das Gewebe mit flüssigem Blute infiltrirt. Bei näherer Untersuchung findet man hier die kleinen Gefässe mit Blutkörperchen strotzend gefüllt und zahllose ausgetretene Blutkörperchen frei im Gewebe der Cutis. — Sehr bald entstanden Ecchymosen und Extravasate, wenn ich die Electroden in der Bauchhöhle auf das Peritoneum ansetzte und die Nerven hier reizte; ich vermied daher diese Stelle, um das Auftreten einer rothen Lymphe zu verhüten.

Uebersicht über die Lymphausscheidung in den überlebenden Extremitäten mit Blutdurchleitung.

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes	Blutdruck in Quecksilber	Nach dem Tode verflossene Zeit				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen
			von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	Ccm.	MM.	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
14	80	40	0	0	1	—	60	17	—	—	—	—	Grosse Hündin. Menge des Blutes 600 u. 480 = 1080 Ccm.
			1	—	1	10	—	—	10	46	—	—	Erste klare Lymphe. — Beginn der Circulation 80 Min. nach dem Tode.
	45		1	10	1	50	40	7·5	—	—	—	—	kein Fibrin mehr im durchgeleiteten Blute.
			1	50	2	17	—	—	27	25·5	—	—	
			2	17	2	53	36	16	—	—	—	—	
			2	53	3	17	—	—	24	18	—	—	Zweite klare Lymphe.
			3	17	3	50	33	8	—	—	—	—	
			3	50	4	7	—	—	17	15	—	—	
	10		4	7	5	10	68	4	—	—	—	—	
			5	40	5	40	—	—	30	4	—	—	Um 5, 35 sind 100 Ccm. $^1/_2$% Kochsalzlösung zugefügt.
			5	40	6	22	42	7	—	—	—	—	
			6	22	6	44	—	—	22	5	—	—	Die Contractionen schon etwas schwach.
			6	44	7	40	56	6	—	—	—	—	
			7	40	7	55	—	—	15	5	—	—	
	8·5	80	7	55	8	27	32	5	—	—	—	—	
	35		8	27	8	52	—	—	25	15	—	—	Sehr schwache Contractionen — schnelle Ermüdung.
	30–21		8	52	9	33	41	12	—	—	—	—	Dritte Lymphe blass fleischwasserähnlich.
	14		9	33	10	5	32	7	—	—	—	—	
			10	5	10	17	—	—	12	18	—	—	Die Contractionen anfangs auffallend gut aber schnelle
	10	104	10	17	10	41	24	13	—	—	—	—	Ermüdung.
	14–12		10	41	11	2	21	15	—	—	—	—	

			11	2	11	25	23	9·5	—	—	—	—	
			11	25	12	—	35	7·5	—	—	—	—	Vierte rothe Lymphe; die fünfte wurde erst am andern Tag ausgedrückt.
			Summe 8 St. 58=134·5; 3 St. 2=146										Gesammtmenge der Lymphe 15,75 grm. — Mit Abzug des ersten und der 4 letzten Posten, die nicht in Rechnung gezogen werden können, sind aber während der Ruhe in 6 St. 15 Min. nur 72·5 Scala mm Lymphe gewonnen worden.
18	100	40	0	0	0	57	57	22	—	—	—	—	Erwachsene Hündin. Blutmenge 880 und 600 = 1480 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 20 Min. nach dem Tod. I. Lymphe.
	80		0	57	1	17	—	—	20	35	—	—	
	27	46-56	1	17	1	45	28	18	—	—	—	—	
	23		1	45	2	7	—	—	22	43	—	—	II. klare Lymphe.
	18·5		2	7	2	35	28	16·5	—	—	—	—	
			2	35	2	52	—	—	17	13	—	—	
	14.23.21.	50-60	2	52	3	35	43	10	—	—	—	—	
			3	35	3	53	—	—	18	13	—	—	
	25		3	53	4	49	56	9·	—	—	—	—	Das ausfliessende Blut viel weniger venös.
			4	49	5	3	—	—	14	6	—	—	III. Lymphe schon etwas röthlich.
	54-52	66-76	5	3	6	5	62	11	—	—	—	—	Um 5. 10 Min. 200 Ccm. 1/2 0/0 Kochsalzlösung zugesetzt.
			6	5	6	48	—	—	13	8	—	—	Das Blut kommt beinahe arteriel aus der Vene.
			6	48	6	54	36	16	—	—	—	—	
	40		6	54	7	2	—	—	8	15	—	—	
			7	2	7	54	52	34·5	—	—	—	—	Todtenstarre tritt auf.
			7	54	8	5	—	—	11	49·5	—	—	IV. röthliche klare Lymphe.
	32		8	5	8	43	38	14	—	—	—	—	
	24		8	43	9	4	21	34	—	—	—	—	Sehr geringe Reaction. 9 St. 20 Min. nach dem Tode Zusatz von 160 Ccm. 1/2 0/0 Kochsalzlösung.
	25		9	4	9	40	36	22	—	—	—	—	
			9	40	9	55	15	13	—	—	—	—	V. rothe trübe Lymphe. Gesammtlymphe 21,93 grm. Mit Abzug des ersten und der 4 letzten Posten, die nicht in Rechnung gezogen werden können, sind aber während der Ruhe in 5 St. 5 Min. nur 115 Scala mm Lymphe gewonnen worden.
			Summe 7 St. 52=220; 2 St. 3=152·5										

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes	Blutdruck in Quecksilber	Nach dem Tode verflossene Zeit				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen
			von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	Ccm.	MM.	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
19	80	44	0	0	0	59	59	23	—	—	—	—	Kleiner junger räudiger Hund. Blutmenge 520 und 300=820.
			0	59	1	9	—	—	10	36	—	—	Beginn der Circulation 13 Min. nach dem Tode.
			1	9	1	24	—	—	12	38	—	—	I. klare Lymphe.
	38-33	44-54	1	24	1	59	38	15	—	—	—	—	
			1	59	2	15	—	—	16	46	—	—	Starke Contractionen.
	20-18		2	15	2	35	20	20	—	—	—	—	II. klare, etwas gelbliche Lymphe. 2 St. 35 Min. nach dem Tode von einem andern Hund 300 Ccm. frisches Blut hinzugefügt.
	6-3	75-85	2	35	2	58	23	6	—	—	—	—	
	8		2	58	3	8	—	—	10	3	—	—	Schwache Contractionen.
	9-10	94-104	3	8	4	11	63	9	—	—	—	—	
			4	11	4	28	—	—	17	10	—	—	
	10-11		4	28	5	32	64	7	—	—	—	—	
	10-22	102-112	5	32	5	51	—	—	19	14	—	—	
	21·5-15·5		5	51	7	21	90	4	—	—	—	—	hie und da beginnt Todtenstarre.
	15-14		7	21	7	36	—	—	15	8·5	—	—	
	13-8·5		7	36	8	13	37	15·5	—	—	—	—	III. röthliche klare Lymphe.
	8·5		8	13	8	23	—	—	10	12	—	—	sehr schlechte Contraction. 8 St. 58 Min. nach dem Tode 325 Ccm. $1/2\,\%$ Kochsalzlösung zugefügt. IV. Lymphe etwas trübe. Die unter V angeführte Lymphe wurde erst am andern Tag ausgedrückt. Gesammtmenge der Lymphe 23,28 grm. Mit Abzug des ersten und letzten Postens, welche nicht in Rechnung gebracht werden können, sind während der Ruhe in 5 St. 35 Min. 76·5 Scala mm Lymphe ausgesch.
	8-7		8	23	11	13	170	30	—	—	—	—	
			Summe 9 St. 24=129·5; 1 St. 49=167·5										

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	—	—	—	—	Grosser alter Hund. Blutmenge [illegible]50 und 1200=2150
			1	5	1	17	—	—	12	47	—	—	Ccm. Beginn d. Blutdurchleit. 33 Min. nach dem Tode.
	60	58-68	1	17	1	40	—	—	28	64	—	—	I. Lymphe rein u. klar. Reaction am linken Beine gut,
	88		1	40	2	5	25	22	—	—	—	—	am rechten vorn sehr schlecht.
			2	5	2	21	—	—	16	27	—	—	Die Contractionen nicht besonders gut; doch rechts
	100		2	21	3	17	56	10	—	—	—	—	etwas besser als vordem.
			3	17	3	30	—	—	13	10	—	—	II. klare Lymphe.
	99		3	30	3	42	—	—	12	16	—	—	
			3	42	4	35	53	4	—	—	—	—	
			4	35	4	52	—	—	17	15	—	—	Die Lymphe schon etwas fleischwasserähnlich.
			4	52	5	50	58	9	—	—	—	—	
			5	50	6	5	—	—	15	11	—	—	III. Lymphe klar aber röthlich. In den rechtseitigen
			6	5	6	40	35	6	—	—	—	—	Schenkelmuskeln tritt Todtenstarre auf.
			6	40	6	55	—	—	—	—	15	83	IV. klare röthliche Lymphe.
	60-90	70-78	6	55	7	32	37	12	—	—	—	—	
			7	32	7	43	—	—	11	15	—	—	
			7	43	7	47	—	—	—	—	4	13	
	50-72		7	47	8	34	47	16	—	—	—	—	Die Muskeln zeigen nur noch sehr geringe Reaction.
	72-30		8	34	8	40	—	—	—	—	6	42	V. rothe trübe Lymphe. Gesammtlymphe 24,85 grm.
			Summe 6 St. 16=95; 1 St. 59=205; 25=138										Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 5 St. 11 Min. 79 Scala mm Lymphe ausgesch. worden.
22	90-60-80	40-50 62-72	0	0	1	16	76	31	—	—	—	—	Grosser braun. Hund. Blutmenge 460 u. 770=1230. Beginn
			1	16	1	30	—	—	14	76	—	—	d. Circul. 26 Min. nach d. Tode. I. klare farbl. Lymphe.
			1	30	1	50	—	—	—	—	20	181	II. u. III. reine klare Lymphe.
	28		1	50	2	26	36	8	—	—	—	—	
	29		2	26	2	48	—	—	22	11	—	—	
			2	48	3	1	—	—	—	—	13	75	IV. klare blass röthliche Lymphe.
	50		3	1	3	40	39	4	—	—	—	—	
			3	40	3	55	—	—	15	10	—	—	
			3	55	4	8	—	—	—	—	13	32	
	45		4	8	4	40	32	7	—	—	—	—	
			4	40	4	50	—	—	10	6	—	—	Sehr schlechte Contractionen.
	37		4	50	5	3	—	—	—	—	13	42	V. Lymphe röthlich u. trübe. Gesammtlymphe=30,41
			Summe 3 St. 3=50; 1 St. 1=103; 59=330										grm. Mit Abzug d. ersten Postens ist während d. Ruhe in 1 St. 47 M. 19 Scala mm Lymphe ausgesch. worden.

Versuchs-Nr.	Menge des in einer Minute ausgeflossenen Blutes Ccm.	Blutdruck in Quecksilber MM.	Nach dem Tode verflossene Zeit von St.	von M.	bis St.	bis M.	Ausgeschiedene Lymphe während Ruhe Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	während Muskel-Contract. Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	während passiver Beweg. Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Bemerkungen
26	60-20	62-72	0	0	1	32	92	51	—	—	—	—	Grosser Hund. Blutmenge 535 u. 740 = 1275. Beginn der Blutdurchleitung 21 Min. nach d. Tode. 1·30 Min. n. d. Tode beiderseits unter die Fasc. lata Alkaninlösung injicirt nach d. 18 M. langen Reizung u. Contract. sind schon Tröpfchen Alkaninlös. in der Abfluss-Canüle. Die Muskeln reagiren schlecht. Die ersten 50 Sc. mm Lymphe sind chylushaltig.
			1	32	1	50	—	—	18	23	—	—	
			1	54	2	9	—	—	—	—	15	36	
	5·5-14-23	84-94 100-110	2	9	2	46	37	16	—	—	—	—	
			2	46	2	55	—	—	9	3	—	—	
			2	55	3	11	—	—	—	—	16	28	
	38-48		3	11	4	14	63	49	—	—	—	—	II. schmutzig röthl. Lymphe mit Alkanintröpfchen.
			4	14	4	23	—	—	9	8	—	—	Die Muskeln reagiren besser, — ermüden aber sehr schnell.
			4	23	4	39	—	—	—	—	16	14	
	82		4	39	5	11	32	14	—	—	—	—	Die Contractilität äusserst gering.
			5	11	5	18	—	—	—	—	7	5	III. trübe rothe Lymphe mit Alkan. Gesammtlymphe 15,60 grm. Mit Abzug des ersten Postens ist während d. Ruhe in 2 St. 12 M. 79 Sc. mm Lymphe ausgesch.
			Summe 3 St. 11 = 180; 36 = 34; 51 = 83										
28	30	40-50	0	0	0	55	55	13	—	—	—	—	Trächtige kleine Hündin. Blutmenge 260 u. 160 = 420 Ccm. Beginn der Blutdurchleitung 24 Min. nach dem Tode. Die Contractilität hört schnell auf, nach 12 Min. Reizung arbeiten nur einzelne Muskeln.
	3		0	55	1	10	—	—	25	45	—	—	
	3	70-80	1	10	1	38	—	—	—	—	18	86	
	3, 12, 3.	92-102	1	38	2	—	22	5	—	—	—	—	
	3		2	—	2	16	—	—	—	—	16	10	Keine Reaction mehr.
	3-9		2	16	3	35	79	5	—	—	—	—	
			3	35	3	50	—	—	—	—	15	35	
	13-21·5		3	50	5	15	85	13	—	—	—	—	
			5	15	5	25	—	—	—	—	10	18	Gesammtmenge der Lymphe 14·60. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 3 St. 6 Min. 23 Sc. mm Lymphe ausgeschieden.
			Summe 4 St. 1 = 36; 25 = 45; 59 = 149										

Um das Verhältniss der bei Ruhe und der bei Muskelaction abgeschiedenen Lymphe übersichtlich zu machen, habe ich folgenden tabellarischen Auszug meiner Versuche beigelegt. In den vier letzten ist zugleich die Menge der bei passiver Bewegung ausgeschiedenen Lymphe notirt.

Im Allgemeinen verringert sich die Menge der Lymphe vom Beginn des Versuches bis zur Zeit des Gefässkrampfes und steigt dann wieder unbedeutend, wenn durch Erhöhung des Druckes dem Gefässkrampf entgegen gearbeitet wird.

Unter sonst gleichen Verhältnissen wurde bei der Muskelaction in jedem einzelnen Versuche eine auffallend grössere Menge Lymphe ausgeschieden als in der Ruhe. Am bedeutendsten war die Vermehrung zu Anfang des Versuches, wenn sich bei der Reizung ganze Muskelgruppen kräftig contrahirten. So war in

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe		Während der Muskel-Action		Somit das Verhältniss der Lymphabscheidung bei Ruhe u. Contraction wie:
	in Minuten	Menge der Lymphe	in Minuten	Menge der Lymphe	
14	40	75	10	46	1 : 24·5
19	38	15	10	36	1 : 9·1
20	25	22	12	47	1 : 4·45
22	36	8	14	76	1 : 21·7
26	37	16	18	23	1 : 2 96
28	22	5	25	45	1 : 7·92

Geringer ist der Unterschied mit eintretender Schwäche der Contraction, zuletzt schien er, als trotz der stärksten Reize nur ganz schwache Contractionen ausgelöst wurden, ganz unbedeutend, aber selbst dann zeigt sich noch eine auffällige Steigerung, wenn man die Zeit und die Menge der während der Ruhe und der während der Muskelaction erhaltenen Lymphe addirt und vergleicht. So findet man in

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe			Während der Muskel-Action			Somit das Verhältniss zwischen Ruhe u. Contraction wie:
	in St.	in Min.	Menge der Lymphe	in St.	in Min.	Menge der Lymphe	
14	6	15	72	3	2	146	1 : 4·1
18	5	5	115	2	3	152·5	1 : 3·2
19	5	35	76·5	1	49	167·5	1 : 6·7
20	5	11	79	1	59	205	1 : 7·7
22	1	47	19	1	1	103	1 : 9.45
26	2	12	79	—	36	34	1 : 1·58
28	3	6	23	—	25	45	1 : 14·56

Mit Ausnahme des 26. Falles, in welchem wahrscheinlich wegen der Injection von Alkaninlösung unter die Fascien die Verhältnisse alterirt waren, ist somit die Menge der bei der Muskelaction gewonnenen Lymphe in den zuletzt angeführten Versuchen mehr wie dreimal so gross, als die der Ruhe. Ich glaube mit Recht annehmen zu dürfen, dass im lebenden Thiere bei der unverhältnissmässig ausgiebigeren Contraction der Muskulatur die Steigerung in der Lymphströmung noch viel mehr betragen muss.

Schon von Alters her werden die Contractionen der Muskeln als ein wichtiger Factor für den Lymphstrom angesehn. Der Modus dieses Einflusses ist jedoch, soviel ich weiss, nur dahin bestimmt worden, dass man jedesmal eine Zusammenpressung der mit den Blutgefässen verlaufenden Lymphstämmchen annahm, wenn die benachbarten Muskeln bei ihrer Zusammenziehung anschwollen, und dass weiterhin in Folge der gegebenen Klappen die gepresste Lymphe nach vorwärts getrieben würde.

Wäre dieses Zusammendrücken der Lymphgefässe das einzige Moment für die Beschleunigung des Lymphstromes von Seiten der Muskelzusammenziehung, dann liesse sich erwarten, dass passive Bewegungen der Extremitäten [1]), wo die Muskelschwellung wegfällt, keinen oder mindestens keinen andauernden Einfluss auf die Lymphströmung übten. In Versuch 20, 22, 26, 28 habe ich ausser der zur Zeit der Ruhe und während der Muskelcontractionen ausgeschiedenen Lymphe auch die verzeichnet, welche bei der passiven Bewegung fortbefördert wird, und es zeigt sich hier nach Addition der Zeit und der Menge während der Ruhe, der Contraction und den passiven Bewegungen folgendes Verhältniss:

Versuchs-Nr.	Während der Ruhe			Während der Musk.-Contract.			Während der passiven Beweg.			Somit d. Verhältniss zwischen Ruhe, Muskelcontraction u. passiver Beweg. wie:
	in St.	in M.	Menge der Lymphe	in St.	in M.	Menge der Lymphe	in St.	in M	Menge der Lymphe	
20	5	11	79	1	59	205	—	25	138	1 : 7·7 : 24·8
22	1	47	19	1	1	103	—	59	330	1 : 9·5 : 31·5
26	2	12	79	—	36	34	—	54	83	1 : 1·6 : 2·5 Alkan. inj.
28	3	6	23	—	25	45	—	59	149	1 : 14·6 : 20·4

1) Unter passiven Bewegungen verstehe ich hier abwechselnde Beugung und Streckung der Extremitäten ausgeführt durch die Hände eines Gehülfen.

Es ergiebt sich denn, dass bei passiver Bewegung noch bedeutend mehr Lymphe abgeführt wird, als bei den durch den galvanischen Strom ausgelösten Contractionen, welche Erfahrung mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf hinweist, dass nicht so sehr der bei den Muskelbewegungen ausgeübte Druck auf die Lymphgefässe, als vielmehr die mit der activen sowohl, als mit der passiven Bewegung verbundene Spannung und Erschlaffung der Sehnen und Aponeurosen die Ursache zur Beschleunigung des Lymphstromes ist.

Da ich bei den bisherigen Versuchen künstliche Blutdurchleitung angewendet hatte, blieb es fraglich, ob nicht auch die Blutcirculation auf die vermehrte Ausscheidung während der Bewegung einen Einfluss ausübt und ob die Beschleunigung des Lymphstroms während der Muskelaction nicht etwa durch eine schnellere Neubildung von Lymphe verursacht sei? Auch war es von Interesse zu erfahren, inwiefern die bei der künstlichen Circulation gewonnene Lymphe als restirende schon vor jener dagewesene, oder als später während des künstlichen Stroms erzeugte anzusehen sei. Auf Beantwortung der letzteren Frage kann ich jedoch erst weiter unten eingehen.

Aus diesen Gründen schien es nöthig, an übrigens auf gleiche Weise hergestellten Präparaten ohne künstliche Circulation die Lymphausscheidung auf ähnliche Weise zu bewerkstelligen, wie bei den früheren Versuchen. Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle niedergelegt (s. p. 86 u. 87).

Es ergiebt sich, dass hier, wo der Gefässdruck beinahe ganz aufgehört hat, der Unterschied zwischen der in der Ruhe und der während der Bewegung ausgeschiedenen Lymphe noch viel greller vor die Augen tritt. Währenddem man jetzt in der Ruhe eben nur ganz minimale Quantitäten erhält, wird bei der Muskelcontraction und passiven Bewegung wenigstens anfangs eine solche Menge hinausgefördert, welche der bei Anwendung der künstlichen Circulation gewonnenen an die Seite gestellt werden kann, und es unterscheiden sich beide Versuchsreihen wesentlich nur dadurch, dass bei der künstlichen Blutdurchleitung während der Ruhe mehr Lymphe producirt wird, und die Verminderung der in den einzelnen Versuchsphasen erhaltenen Mengen gegen das Ende des Versuches nicht so rasche Fortschritte macht, wie ohne Circulation.

Uebersicht über die Lymphausscheidung in den vom Körper getrennten Extremitäten ohne Blutdurchleitung.

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode				Ausgeschiedene Lymphe						Bemerkungen.
	von		bis		während Ruhe		während Muskel-Contract.		während passiver Beweg.		
	St.	M.	St.	M.	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	Zeit in Minuten	Menge in MM. der Scala	
24	0	0	0	20	20	8	—	—	—	—	Kleiner Hund, auf einmal verblutet.
	0	20	0	35	—	—	15	21	—	—	Die Muskeln reagiren anfangs sehr gut, aber nach 10 Minuten nur bei sehr starken Strömen.
	0	35	0	50	—	—	—	—	15	30	
	0	50	1	2	12	1	—	—	—	—	
	1	2	1	11	—	—	9	2	—	—	Ganz geringe Reaction.
	1	11	1	30	—	—	—	—	19	12	
	1	30	2	35	65	1	—	—	—	—	
	2	35	2	50	—	—	—	—	15	7	Keine Reaction mehr.
	2	50	3	3	13	0	—	—	—	—	
	3	3	3	25	—	—	—	—	22	6	
	3	25	3	43	18	0	—	—	—	—	
	3	43	3	58	—	—	—	—	15	2	Gesammtmenge der klaren farblosen Lymphe 5·74 grm. Mit Abzug des ersten Postens, der nicht in Rechnung gebracht werden kann, ist während der Ruhe in 1 St. 48 M. 2 Sc.mm Lymphe gewonnen worden.
	Summe 2 St. 8'=10; 24'=23; 1 St. 26'=57.										
23	0	0	0	35	35	28	—	—	—	—	Kleiner curarisirter Hund, bei dem vorher durch Reizung des Rückenmarks und des Plex. brach. der Blutdruck sehr gesteigert und durch künstliche Respiration das Leben erhalten war. — Dauer der Operation über 3 St. Tod durch einmaliges Verbluten. Die Lymphe des Ductus thoracicus war von Anfang an etwas röthlich.
	0	35	0	50	—	—	—	—	15	74	
	0	50	1	15	—	—	25	10	—	—	
	1	15	1	30	—	—	—	—	15	31	
	1	30	1	45	—	—	15	2	—	—	
	1	45	2	40	55	2	—	—	—	—	
	2	40	2	58	—	—	—	—	18	12	

	2	58	3	29	31	0·5	—	—	—	—	
	3	29	3	50	—	—	—	—	21	6·5	Nur noch ganz geringe Reaction in einzelnen Muskeln.
	3	50	3	55	5	0	—	—	—	—	
	3	55	4	10	—	—	—	—	15	6	Gesammtlymphe 10·52 grm., sehr schwach röthlich. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 1 St. 31 Min. 2·5 Sc. mm Lymphe gewonnen worden.
	Summe 2 St. 6=30·5; 40=12; 1 St 24=129·5										
25	0	0	0	44	44	22	—	—	—	—	Kleiner Hund, der ebenso wie der 23ste operirt und durch einmaliges Verbluten getödtet war. I. Lymphe.
	0	44	0	58	--	—	—	—	14	83	
	0	58	1	35	37	6	—	—	—	—	Auch bei starken Strömen nur ganz geringe Contractionen.
	1	35	1	53	—	—	—	—	18	34	
	1	53	2	55	62	3	—	—	—	—	
	2	55	3	10	—	—	—	—	15	9	II. Lymphe klar und beinahe farblos. Gesammtmenge 9·61 grm. Mit Abzug des ersten Postens ist während der Ruhe in 1 St. 39 Min. 9 Sc. mm Lymphe gewonnen worden. 3 St. 10 Min. nach dem Tode wurde unter die Fascia lata und unter die Fascia cruralis des linken Beines Alkaninlösung injicirt und der Unterschenkel passiv bewegt. Nach 15 Min. war das Alkanin bis in den Ductus thoracicus vorgedrungen.
27	0	0	0	51	51	21	—	—	—	—	Grosser Pudel, an welchem 2 St. lang Circulationsversuche demonstrirt waren, durch Verbluten und Herzstich getödtet. 1 St. 30 M. nach dem Tode wurde unter die Haut der Oberschenkel beiderseits Alkaninlösung injicirt. Die Masse verbreitete sich weithin im Unterhautgewebe. Rechts, woselbst ich an der innern Seite des Knies eingestochen hatte, zeigten sich während der passiven Bewegung in der Haut der Schenkelbeuge kleine alkaninrothe Flecken, die bald zu einem Thaler grossen confluirten. Beim Ablösen der Haut findet man rechts mehrere fadendünne Haut-Lymphstämmchen und die Inguinal-Drüse injicirt und einzelne Tröpfchen im Vas effer. bis unter das *Poupart*'sche Band. In den Aponeur. oder Sehnen nirgends Injection.
	0	51	1	6	—	—	—	—	15	111	
	1	6	1	41	35	6	—	—	—	—	
	1	41	1	56	—	—	—	—	15	33	
	1	56	2	56	60	7	—	—	—	—	
	2	56	3	14	—	—	—	—	18	14	
	3	14	3	52	38	1	—	—	—	—	
	3	52	4	7	—	—	—	—	15	8	Gesammt-Lymphe 13,25 grm., bis auf die letzten etwas blutigen 3 grm. farblos und klar, enthält kein Alkanin.
	Summe 3 St. 4=35; 1 St. 3=166										

Da es wohl nicht anzunehmen ist, dass $1/2$ bis 1 Stunde nach dem Tode oder eigentlich nach dem Aufhören der Circulation noch erhebliche Mengen von Lymphe erzeugt würden, so glaube ich mit Recht annehmen zu dürfen, dass die Vermehrung des Lymphstromes bei Muskelzusammenziehung und bei passiven Bewegungen nicht etwa durch eine reichlichere Neubildung von Lymphe, sondern eben nur von günstigeren Aufnahmebedingungen der schon in den Geweben vorhandenen Flüssigkeit in die Lymphgefässe bedingt sei.

Ermuntert durch den Erfolg, welchen von aussen her mitgetheilte Bewegungen auf den Lymphstrom hatten, unternahm ich aufs neue Einspritzungen unter die Aponeurosen behufs der natürlichen Injection der Lymphgefässe. Nachdem ich schon zu Beginn meiner Arbeit viele andere Farbstoffe mit negativem Resultat angewendet hatte, — gebrauchte ich jetzt Alkaninlösung. Ich injicirte dieselbe unter die Fascie des nach der oben angegebenen Methode bereiteten Präparates, umschnürte die Injectionsöffnung und versuchte durch passive Bewegung der Extremitäten und durch Reizung der contractilen Muskeln die Masse zur Aufsaugung zu bringen. Resultate dieser Injectionen sind in den Bemerkungen zum 25. und 26. Fall kurz aufgezeichnet und es wäre wohl nutzlos, einige andere Versuche, welche ausser den gelungenen Injectionen nicht verwerthbar waren, noch besonders anzuführen.

In 25 war die unter die Fascia lata und die unter die Fascia cruralis injicirte Masse nach $1/4$stündiger passiver Bewegung bis in den Ductus thoracicus vorgedrungen. An der Insertionsstelle des Biceps am Knie zeigten sich schöne Lymphgefässnetze, auf der innern Oberfläche des untern Theiles der Fascia lata Streifen und auch einige zierliche Lymphgefässchen an der Bandmasse des Fussgelenkes. Im 26. Fall waren nach beiderseitiger Injection unter die Fascia lata nach 18 Minuten dauernder activer Bewegung der aus dem Ductus thoracicus fliessenden Lymphe schon Tröpfchen von Alkaninlösung beigemengt und bei der anatomischen Untersuchung zeigte links die Aponeurose des Vastus externus entfernt von der Injectionsstelle und unverletzt auf der dem Knochen zugewendeten Stelle Längsstreifen und auf ihrer Aussenfläche zierliche Lymphgefässchen, und rechts waren 3 Zoll weit unter der Einstichsöffnung an der ganz unversehrten Fascia lata wunderschöne Lymphgefässe injicirt.

Auch muss ich hier bemerken, dass die mit all den früheren Erfahrungen in Widerspruch stehende sehr geringe Beschleunigung des Lymphstromes bei activer und passiver Bewegung bei diesem Fall der Obturation von Lymphgefässchen oder Lymphdrüsen zugeschrieben werden muss.

Im Gegensatz zu diesen zwei Fällen war im Versuch 27 nach Injection unter die Haut und wiederholter passiver Bewegung die Masse rechts unter der Haut bis zur Schenkelbeuge verbreitet und wohl auch zahlreiche Hautlymphgefässchen injicirt, aber doch war der Farbstoff rechts nur wenig über die Inguinaldrüse vorgerückt und links war eben nur ein ganz kleines Lymphgefässchen injicirt. In den Lymphgefässen der Aponeurosen und den die grösseren Schenkelgefässe begleitenden Lymphstämmchen war keine Spur von Injections-Masse aufzufinden. Als begünstigendes Moment zur Fortbeförderung der injicirten Masse mag hier der bei der passiven Bewegung auf die Haut ausgeübte Druck eine Rolle gespielt haben.

Ich will hier noch ganz besonders darauf hinweisen, dass auch bei den Pumpversuchen an herauspräparirten Fascien die Injection nur dann gelang, wenn die Masse mit der innern Oberfläche der Aponeurose in Berührung stand, nie aber, wenn dieselbe auf die äussere Oberfläche ausgegossen war; es ist somit einleuchtend, dass passive und active Bewegung nur auf die unter der Fascie befindliche Lymphe einen Einfluss ausüben, aber nicht auf die Lymphe der Haut und des Unterhautzellgewebes.

Nach dieser Abschweifung will ich wieder auf die bei meinen Circulations-Versuchen gewonnene Lymphe zurückgehn und Etwas über die Qualität derselben berichten.

Zu Beginn des Versuches war die Lymphe ganz klar, beinahe farblos, nur in einzelnen Fällen waren die ersten Tropfen chylushaltig, milchweiss getrübt, später bekam die klare Lymphe einen gelben Schimmer und wurde in drei bis vier Stunden nach dem Tode allmählig fleischwasserähnlich. Die röthliche Färbung nahm gegen das Ende der Durchleitung immer mehr zu und endlich war die Lymphe auch trübe. Die Röthung und Trübung ist eine constante Erscheinung und bedingt durch rothe Blutkörperchen. Es frägt sich, auf welchem Wege dieselben in den Lymphstrom gelangen. Auch die normale Lymphe enthält ja Blutkörper und es ist eine ebenso bekannte Thatsache, dass nach

Injection einer grösseren Menge indifferenter Flüssigkeit in die Gefässe des lebenden Thieres in Folge der Steigerung des Blutdruckes die Lymphe von beigemengten Blutkörpern röthlich wird. Bei der künstlichen Blutleitung habe ich jedoch nie einen Druck angewandt, der dem normalen gleich käme, und glaube desswegen von einer solchen Ursache absehn zu können. Von der bei der Operation verursachten Blutung lässt sich der Blutgehalt auch nicht erklären, weil in diesem Falle die Färbung gleich anfangs hätte auftreten müssen. Von den durch die Electroden bewirkten Ecchymosen als Ursache der Färbung kann auch keine Rede sein, weil die Lymphe sich oft schon damals röthete, als noch keine Ecchymosen vorhanden waren und es überhaupt gar nicht wahrscheinlich ist, dass die sonst anämische Haut Lymphe producirte. Als Hauptursache der Röthung glaube ich demnach das wiederholte Ausdrücken der Lymphstämmchen beschuldigen zu müssen, und wenn auch grobe Verletzungen ausgeschlossen werden können, wird eine Blutung per diapedesin selbst bei aller Vorsicht und Schonung nicht zu vermeiden sein.

Bei der mikroscopischen Untersuchung entspricht die farblose Lymphe der normalen. In der gefärbten findet man ausser den gewöhnlichen Lymphkörpern rothe Blutkörperchen in einer der Färbung angemessenen Menge. Der Erwähnung werth halte ich auch die Beobachtung, dass selbst die in der letzten trüben Lymphe befindlichen recht zahlreichen Lymphkörper auf dem *M. Schultze*'schen Wärmetisch 25 Stunden nach dem Tode des Thieres zum grossen Theil noch lebhafte Bewegung zeigten.

In allen Fällen entstanden in der Lymphe gleich nach dem Ausfliessen Gerinsel und zwar nicht nur so lange, als auch im Blute noch Gerinsel gefunden wurden, sondern auch noch viele Stunden später. Der letzte Antheil der gewonnenen Lymphe jedoch war wohl constant reicher an Eiweiss, enthielt aber nur wenig oder gar kein Gerinsel.

Bezugs der chemischen Zusammensetzung kam ich zu den in der Tabelle (p. 92 u. 93) angegebenen Resultaten.

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die in der ersten Zeit abgeschiedene noch reine und klare Lymphe Eiweiss, Salze und Chloride in demselben Procentsatz enthält, wie die normale und auch die schwach röthlich gefärbte Lymphe bezugs der Eiweissmenge nur ungefähr die Hälfte des während der Durchleitung eingedickten eiweissreicheren Blutserums erreicht.

Der Eiweissgehalt der rothen Lymphe aber steigt in den meisten Fällen auf eine solche Höhe, welche die schwankenden Grenzen der normalen Lymphe schon überschreitet; — die Salze und namentlich die Chloride bleiben ungefähr gleich bei Lymphe und Blutserum. Den Zuckergehalt habe ich sowohl in der Lymphe, als auch bei den früher erwähnten Blutanalysen mit frischer *Fehling*'scher Flüssigkeit bestimmt und zwar meist in zwei Partien auf folgende Art. Nachdem das Eiweiss in der Siedhitze mit Essigsäure gefällt und abfiltrirt war, versuchte ich, falls das Filtrat wasserklar war, mit einem Theile desselben gleich die Reaction, den andern Theil des Filtrates dampfte ich zum Trocknen ein, zog mit schwachem Alkohol aus, dampfte wieder ein; den Rückstand zog ich mit Wasser aus, filtrirte und machte die Reaction so, dass ich die Flüssigkeit zum Sieden erhitzte und dann aus der Burette geringe Mengen einer sehr verdünnten *Fehling*'schen Lösung zufliessen liess, dann die Eprouvette eine Zeit lang ins Wasserbad brachte, hierauf wieder Kupferlösung zufügte, so lange die Trübung merklich zunahm. Als Endreaction notirte ich die, bei welcher keine stärkere Trübung eintrat, wenn ich zu je einem Theile derselben Zuckerlösung oder Kupferlösung zusetzte. In jedem einzelnen Fall habe ich mit der *Fehling*'schen Flüssigkeit Control-Versuche gemacht und auch wiederholt den gebrauchten Alkohol geprüft. — Es zeigte sich in den ersten Partien der Lymphe constant Zucker, in den späteren war der Zuckergehalt geringer und verschwand in der rothen Lymphe ganz.

Auf eine weitere Discussion der chemischen Verhältnisse kann ich mich für jetzt nicht einlassen, ich will nur darauf hinweisen, dass die erhaltene Lymphe im Ganzen und Grossen der normalen entspricht und eben nur die zur Zeit des völligen Absterbens erhaltene Flüssigkeit den Vergleich mit der normalen Lymphe nicht besteht.

Die nähere Untersuchung der ohne künstliche Circulation erhaltenen restirenden Lymphe ist ebenfalls auf Tabelle Nr. 4 angemerkt. Es zeigen sich hier mit dem Obigen ziemlich übereinstimmende Verhältnisse. Der Gehalt an Fibrin und Zucker nimmt etwas ab, doch war hier eine Zunahme des Eiweissgehaltes gegen das Ende des Versuchs nicht zu constatiren. Bemerkenswerth ist der hohe Eiweiss- und Zuckergehalt bei Versuch 23, — vielleicht eine Folge der Lymphstauung.

Analyse der Lymphe, welche bei der künstlichen Blutdurchleitung gewonnen wurde.

Versuchs-Nr.	Menge der untersuchten Lymphe in Grammen			Eiweiss in Procenten	Asche in Procenten	Chloride in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille	Bemerkungen.
	klare farblose	klare röthliche	trübe rothe					
12	3·78	—	—	3·93	0·95	?	?	ganz geronnen.
14	2·73 I.	—	—	2·99	0·80	0·62	?	» »
»	3·08 II.	—	—	3·93	1·00	—	?	» »
»	—	4·72 III.	—	4·28	0·94	0·56	?	» »
»	—	—	3·76 IV.	5·55	0·97	0.54	?	nur wenig Gerinsel.
»	—	—	1·45 V.	6·29	?	?	?	kein Gerinsel.
15	2·73 I.	—	—	2·38	1·08	0·68	deutliche Reaction	
»	—	2·95 II.	—	3.04	1·04	0·80	keine Reaction	
18	2·94 I.	—	—	3·12	0·96	?	sehr starke Reaction	
»	5·00 II.	—	—	3·84	0·75	?	» » »	
»	—	3·32 III.	—	3·92	?	?	ganz best. »	
»	—	5·85 IV.	—	4·27	0·93	?	schwache »	
»	—	—	4·82 V.	4·07	0·82	?	keine »	
19	5·41 I.	—	—	2·27	0·93	0·69	sehr starke »	ganz geronnen.
»	4·72 II.	—	—	2·42	0·94	0·63	starke »	» »
»	—	5·88 III.	—	2·94	0·98	0·63	» »	» »
»	—	—	4·22 IV.	3·58	0·94	0·56	schwache Spuren	sehr wenig Gerinsel.
»	—	—	3·04 V.	3·94	1·44	0·69	keine Reaction	kein Gerinsel.
20	6·66 I.	—	—	2·64	?	?	0.29	wenig Gerinsel.
»	4·34 II.	—	—	2·90	?	?	nur Spuren	ganz geronnen.
»	—	3·70 III.	—	3·70	?	?	keine Reaction	sehr compactes Gerinsel.
»	—	5·66 IV.	—	4·43	?	?	Spuren	ganz wenig Gerinsel.
»	—	—	4·49 V.	4·28	?	?	keine Reaction	kein Gerinsel.

22	6·14 I.	—	—	2·94	?	?	0·49—0·55 Alkoh.	Ganz compactes Gerinsel
»	5·22 II.	—	—	2·78	?	?	0·40—0·34 »	» » »
»	5·99 III.	—	—	2·57	?	?	0·35—0·46 »	» » »
»	—	6·44 IV.	—	3·07	?	?	0·22—0·21 »	viel Gerinsel
»	—	—	6·62 V.	4·66	?	?	0·12—0·09 »	sehr wenig Gerinsel.

Analyse der Lymphe, welche ohne Blutdurchleitung gewonnen wurde.

Versuchs-Nr.	Menge der untersuchten Lymphe in Grammen			Eiweiss in Procenten	Kupfer reducirende Substanz (Zucker) in pro mille	Bemerkungen.
	klare farblose	klare röthliche	trübe rothe			
						An diesem Hunde waren vor dem Tode durch Rückenmarksreizung wiederholt sehr hohe Blutdrücke erzeugt.
23	—	4·82 I.	—	4·76	4·45 Alkoh.	ganz compactes Gerinsel.
»	—	5·70 II.	—	4·67	4·32 »	sehr viel Gerinsel.
24	5·74	—	—	2·95	bestimmte Reaction	ganz geronnen.
						Für den Hund, der zu diesem Versuche benutzt war, gilt die bei Versuch Nr. 23 gemachte Bemerkung.
25	5·60 I.	—	—	3·44	0·74—0·67 Alk.	ganz geronnen.
»	—	4·00 II.	—	3·38	0·57—0·51 »	nicht ganz geronnen.
						Vor dem Tode zur Demonstration der normalen Blutdrücke benutzt.
27	7·03	—	—	2·54	0·20—0.18	ganz compact geronnen.
»	—	6·22	—	2·33	bestimmte Reaction	nur zum Theil geronnen.

Im Hinblick auf die ohne künstliche Blutdurchleitung erhaltene Lymphe wirft sich nun wieder die Frage auf, inwiefern die bei der künstlichen Blutdurchleitung erhaltene Flüssigkeit als restirende oder als producirte Lymphe zu betrachten sei. — Beim Vergleichen beider Versuchsreihen geht hervor, dass die Gesammtmenge der durch künstliche Blutdurchleitung gewonnenen Lymphe bedeutend grösser ist. Der Unterschied wird um so auffälliger, wenn man in Betracht zieht, dass eigentlich nur im 20. und 21. Fall die Circulation leidlich von Statten ging, hingegen im 28sten vom Anfang her durch den Gefässkrampf sehr beschränkt war und im 26sten die Aufnahme der Lymphe durch die Alkanininjection verhindert wurde, — dass ferner von den Versuchen ohne Blutdurchleitung eigentlich nur 23 vergleichbar ist, indem bei den andern drei Fällen durch die vorher ausgeführten langwierigen Operationen der Blutdruck erhöht und die Lymphe gestaut war und das Thier stundenlang in einer bestimmten Lage fixirt, somit der Möglichkeit beraubt war, seine Lymphaufsaugungsapparate spielen zu lassen. Auch weisen die einzelnen Phasen der Versuche darauf hin, dass bei der Circulation Lymphe producirt wurde. Währenddem bei den Versuchen ohne Blutdurchleitung in der vierten Stunde nach dem Tode bei 15 Min. langer passiver Bewegung nur 2(24), 6(23), 8(27) Sc.-Mm. Lymphe herausbefördert wird, haben die Versuche erster Reihe $8\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Tode in 6 Minuten 42(20), — 5 Stunden nach dem Tode in 13 Minuten noch 42(22) Mm. der Scala an Lymphe geliefert.

Aus diesen Prämissen kann, wie ich glaube, der Schluss gewagt werden, dass bei der künstlichen Circulation in den überlebenden Theilen noch wirkliche Lymphe producirt wird, und wenn auch bis jetzt eigentlich nur bezugs des Resorptionsmechanismus bestimmte Resultate erlangt sind, kann man hoffen, bei Verbesserung der Methode auch den chemischen Vorgängen in der Muskulatur auf diesem Wege mit Erfolg nachzugehn.

Ueber die motorischen Nerven der Arterien, welche innerhalb der quergestreiften Muskeln verlaufen.

Von

Mohammed Effendi Hafiz.

Mit einem Holzschnitt.

Der Bau und die Lebenseigenschaften der quergestreiften Muskeln lassen erwarten, dass ihr Blutstrom einige Eigenthümlichkeiten vor dem in andern Körpertheilen voraus habe. So erscheint es unzweifelhaft, dass die Dimensionen der Gefässe selbst je nach der Erschlaffung oder der Verkürzung der Muskelfasern sich ändern; denn die Gefässe, welche der Länge des Muskels parallel verlaufen, werden bei der Zusammenziehung sich verkürzen und die senkrecht auf diese Richtung ausgestreckten werden bei dem Uebergang desselben aus der Erschlaffung in die Verkürzung ausgedehnt werden. Da sich die Muskeln, welche von Fascien umschlossen sind, während der Zusammenziehung erhärten, so werden auch voraussichtlich die Räume zwischen den Muskelröhren mit merklicher Gewalt zusammengepresst, so dass das eindringende Blut grössere Widerstände findet und das in den Venen vorhandene ausgepresst wird. — Demnach würde durch den zusammengezogenen Muskel weniger Blut fliessen als durch den ruhenden. Nach den chemischen Lebenäusserungen des zusammengezogenen Muskels darf man aber das gerade Gegentheil erwarten; denn weil er mehr Kohlensäure entwickelt und mehr Sauerstoff verbraucht, so sollte doch auch der zusammengezogene Muskel mehr Blut empfangen haben als der ruhende.

Die Beobachtung des Blutstroms am lebenden Muskel, die allein entscheiden kann, welche von beiden Annahmen das Richtige trifft, hat zwar streng genommen gegen beide entschieden, jedoch so, dass den chemischen Anforderungen mehr als den mechanischen genügt wird. An den lebenden Muskeln, die entweder an ihrem natürlichen Standort, oder ausgeschnitten, durch den natürlichen oder durch den künstlichen Blutstrom gespeist wurden, haben *Sczelkow*, *Al. Schmidt*, *W. Sadler* und *J. Genersich* im hiesigen Laboratorium der Reihe nach ermittelt: 1. Bei normalem Blutdruck fliesst durch den ruhenden Muskel im Verhältniss zur Zahl seiner Capillaren und dem Umfang seiner Arterien und Venen wenig Blut. 2. Wenn ein Muskel nach längerer Ruhe in einen vorübergehenden Tetanus versetzt wird, so steigt die Geschwindigkeit seines Blutstromes an; und zwar entweder mit dem Eintritt des Tetanus oder auch nach Beendigung desselben mit der Wiederherstellung des erschlafften Zustandes. Dieser beschleunigte Strom hält jedoch nur kurze Zeit an und bietet während seines Bestehens bedeutende Schwankungen dar. Wird rasch auf einander der tetanische Anfall mehrmals erzeugt, so nimmt mit jedem folgenden die Beschleunigung des Blutstroms ab, so dass schliesslich auch Fälle erscheinen, in welchen während der Contraction der Blutstrom langsamer ist, als in der Ruhe. — 3. Wenn das Blut unter höherem Druck durch den Muskel strömt, so hört die Beschleunigung des Stroms, welchen dieser höhere Druck bei seinem Eintritt hervorgerufen, nach einiger Zeit auf; kehrt man alsdann zu einem niederen Druck zurück, so pflegt dieser eine bedeutend geringere Geschwindigkeit des Stroms zu erzeugen, als er es vor der Anwendung des höheren Druckes vermochte. — 4. Umgekehrt kann ohne Aenderung des Druckes eine geringe Geschwindigkeit in eine grössere verwandelt werden, wenn man den Strom für einige Zeit ganz unterbricht. Nach Wiederherstellung des letzteren fliesst das Blut viel reichlicher als vor der Unterbrechung desselben. Diese Beschleunigung pflegt ebenfalls nur kurze Zeit zu bestehn. — 5. Die Unterschiede der Stromgeschwindigkeit, welche hier erwähnt werden, können sehr bedeutende Werthe annehmen. Da diese Aenderungen des Stroms, wie ersichtlich, nicht aus den Umformungen zu verstehn sind, welche die Gefässe durch die Erschlaffung und Zusammenziehung der Muskelmassen erfahren, in denen sie sich verbrei-

ten, so ist man bei dem Versuche sie zu erklären auf die Muskeln und Nerven der Gefässwand selbst angewiesen. Unter der letzteren Voraussetzung werden die starken Unterschiede der Strömung aber nur dann begreiflich sein, wenn man sehr bedeutende Aenderungen in dem Durchmesser der Gefässe voraussetzen darf. Insofern sich also jene Variationen der Lichtungen, wie es in der That der Fall, bei demselben Blutdruck ereignen sollen, muss den Wandungen der Gefässe ein grosser Spielraum der Nachgiebigkeit zugeschrieben werden. Mit dieser Forderung stimmt nun auch die anatomische Erfahrung überein, dass die Arterien der quergestreiften Muskeln von einer verhältnissmässig sehr starken Ringfaserschicht umgeben sind.

Die Ursachen für den jedesmaligen Verkürzungsgrad der arteriellen Ringfasern können nun ebensowohl gelegen sein in Erregungen, die vom verlängerten Mark ausgehn, als auch in solchen, die unmittelbar auf die Gefässwand selbst wirken. Dass dieser letztere Ort von dem Reize zunächst ergriffen werden kann, steht ausser aller Frage für alle die in der vorstehenden Aufzählung enthaltenen Fälle, in welchen die Aenderungen des Blutstroms an Präparaten vorkamen, bei welchen das Gehirn und Rückenmark auf das beobachtete Stromgebiet gänzlich einflusslos sein mussten, entweder weil die genannten Centraltheile gänzlich fehlten, oder weil die Nerven, welche den betreffenden Muskel versorgen, durchschnitten waren. — Um nun auch in den Fällen, in welchen der Hirneinfluss nicht ausgeschlossen war, über seine wirklich stattfindende Betheiligung ins Klare zu kommen, war es nothwendig neue Versuche anzustellen, welche jedoch nur dann mit einiger Aussicht auf ein Gelingen unternommen werden konnten, wenn man sich über den Verlauf und die Reizbarkeitserscheinungen der motorischen Nerven ins Klare gebracht hatte, welche die Arterien innerhalb der Muskeln versorgen.

Da die quergestreiften Muskeln einen sehr grossen Theil unserer Körpermasse ausmachen, da sie ferner zu den gefässreichsten Organen zählen, so ist auch der Blutstrom durch sie einer der wesentlichsten Theile des gesammten Kreislaufes, und desshalb schien es statthaft, meine Zeit der eben gestellten Aufgabe zuzuwenden. Bei ihrer Ausführung hatte ich mich der Beihülfe des Herrn Prof. *C. Ludwig* zu erfreuen.

Da bekanntlich alle Gefässnerven ihren Ursprung aus dem

Rückenmark nehmen und da fernerhin jede Reizung des Rückenmarks auf die Gefässnerven geradeso wirkt, als wenn ein Stamm derselben ausserhalb des Rückenmarks ergriffen worden wäre, so schien es mir, bei unserer Unbekanntschaft mit dem Laufe der Gefässnerven quergestreifter Muskeln ausserhalb des Rückenmarkes der sicherste Weg, das Rückenmark selbst zu reizen, um über die Eigenschaften der genannten Gefässnerven Aufschluss zu erhalten. Das Verfahren, das ich in Anwendung brachte, war das folgende.

I. In einer ersten Versuchsreihe kamen Hunde und Kaninchen zur Verwendung, welche entweder unvergiftet oder auch mit Curare bis zur vollständigen Lähmung der Skeletmuskeln vergiftet waren. Zu diesem letztern Mittel griff ich darum, weil dasselbe, wenn es nicht in zu hohen Dosen gegeben wird, die Gefässnerven nicht lähmt, während es die Skeletmuskeln selbst dem Nervenreiz unzugänglich macht. An einem Thiere von solcher Beschaffenheit durfte man demnach hoffen die Wirkungen der Gefässnerven rein hervortreten zu sehen, da die Störungen ausfielen, welche nach *Sadler* in den Blutstrom der zusammengezogenen Muskeln eintreten. Nachdem die Vergiftung geschehen und die künstliche Athmung eingeleitet war, durchschnitt ich das Rückenmark zwischen dem Hinterhauptsbein und dem Atlas. Hierauf bohrte ich einen starken Stahlstift durch den Bogen des Atlas bis zu dem gegenüberliegenden Wirbelkörper und ebenso einen zweiten Stift durch das untere Ende des zweiten Halswirbelbogens, der ebenfalls das Mark durchsetzte. Diese Stifte ragten so weit über die Haut hervor, dass jeder eine Klemme aufnehmen konnte, welche mit der secundären Rolle des bekannten Schlittenapparates in Verbindung stand. Um den elektrischen Strom von den Muskeln und der Haut abzuhalten, wurde jeder derselben so weit mit einem Stück von Guttapercha überkleidet, als derselbe durch die genannten Weichtheile hindurchging. War dieses vorbereitet, so wurde nun eine Cantüle in eine der beiden Carotiden eingeführt und diese mit dem registrirenden Manometer in Verbindung gebracht. Diese letztere Maassregel ward ergriffen, um ein Kennzeichen für die Wirksamkeit der Reizung zu gewinnen, welche auf die Gefässnerven beabsichtigt war. Nachdem auch dieser Theil der Operation ausgeführt war, wurden Muskelarterien blossgelegt. In den ersten Versuchen wählte ich Arterien des

Oberschenkels, in den späteren solche des Vorderarms aus. Da die grossen Arterien der Gliedmassen in der Regel von den Muskeln bedeckt werden, so dringen auch die Aeste und Aestchen in das Muskelfleisch nicht von der Seite der Haut, sondern von der des Knochens her ein. Man muss desshalb, um zu den Muskelarterien zu gelangen, die Muskelbäuche zurückschlagen, unter Umständen die Ansatzpunkte der Sehnen an die Knochen durchtrennen, kurz Operationen ausführen, welche unter Umständen wie z. B. am M. biceps femoris keineswegs für den Blutstrom in den betreffenden Theilen gleichgültig sind. Der grösseren Zahl der gerügten Uebelstände entgeht man bei der Benutzung derjenigen Zweige der Art. ulnaris, welche in dem Ellenbug zu den eng aneinander gelegten Muskeln für die Beugung der Hand und Zehen gehn. An diesem Orte kann man nach einem mässig langen Schnitt durch die Cutis und die Fascia antibrachii sogleich mit einem Scalpellstiel die Muskelbäuche nahe an ihrem obern Ursprung auseinander schieben und dadurch zu dem grossen Muskelast der A. ulnaris gelangen. Von hier aus sieht man Zweige von sehr verschiedenen Durchmessern bis zu solchen von kaum sichtbarer Grösse herab vor sich liegen, deren Caliberänderungen ebensowohl mit blosem Auge als mit der Lupe zu verfolgen ist. Jeder sorgsame Beobachter wird aber bald bemerken, dass die Beurtheilung von Aenderungen des Durchmessers so kleiner Gefässe sehr schwierig, ja überhaupt nur dann möglich ist, wenn dieselben sehr rasch aufeinander folgen, oder bis zum Verschwinden der Gefässlichtung fortschreiten, wobei die rothe Farbe der Arterie auslöscht, oder im Verlaufe eines Gefässes nur theilweise eintreten, so dass perlschnurartig, enge und weite Schnitte wechseln, oder endlich wenn sie es bedingen, dass Arterien, welche bis dahin pulsirten, pulslos werden und umgekehrt bis dahin pulslose zu pulsiren anfangen.

Da nun aber die eben als sicher aufgestellten Merkmale keineswegs immer sichtbar sind, so ergriff ich für gewöhnlich noch ein anderes Mittel, um mir über die Aenderungen des Blutstroms Aufschluss zu verschaffen. Dieses bestand darin, dass ich einen Muskelbauch und zwar im rothen Fleisch desselben senkrecht gegen seine Fasern durchschnitt. Wenn auf einem solchen Durchschnitt eine grössere stark blutende Arterie durchschnitten war, so unterband ich dieselbe, um das Urtheil durch

das auf die Wundfläche ergossene Blut nicht trüben zu lassen. Solche Muskelwunden, die mit Vermeidung grösserer Arterien angelegt sind, bluten in der Regel äusserst wenig, und es kann desshalb mit Sicherheit entschieden werden, ob die Blutung in Folge eines hinzugetretenen Umstandes vermehrt oder vermindert sei.

II. In anderen Versuchen vervollständigte ich die bisher beschriebene Vorbereitung noch dadurch, dass ich den Plexus brachialis hoch oben in der Achselhöhle aufsuchte und durchschnitt und das periphere Ende desselben mit einem Faden umschlang. Hierdurch war mir Gelegenheit gegeben, gleichzeitig den Plexus mit dem Rückenmark zu reizen, wenn ich nämlich neben den Elektroden, die am Rückenmark sassen, auch noch zwei andere an die durchschnittenen Nerven ansetzte, oder aber, indem ich das Letztere unterliess, die Reizung aller übrigen Nerven mit Ausnahme derjenigen vorzunehmen, welche in dem durchschnittenen Nervengeflecht verliefen.

Da das Curare nicht ganz ohne Einfluss auf die Lebenseigenschaften der Gefässnerven ist, so unternahm ich auch Versuche, wie die eben beschriebenen an Hunden und Kaninchen, die nicht mit Curare vergiftet waren, um dem Einwand vorzubeugen, dass die negativen Resultate auf die Rechnung der Vergiftung zu schieben seien. Die Anwendung unvergifteter Hunde hat jedoch ihre grossen Nachtheile, weil bei jeder intensiven Reizung des Halsmarkes alle Muskeln des ganzen Körpers tetanisch werden. Hierdurch werden erstens viele Arterienstämme gepresst und zweitens die Strömungen innerhalb des Muskelfleisches selbst auf die von *Sadler* beschriebene Weise geändert. Man bleibt darum bei dieser Methode nur auf die Beobachtung von Stämmchen angewiesen, welche frei zwischen den Muskeln laufen.

III. In den Beobachtungen, welche nach dem bis dahin beschriebenen Plane ausgeführt wurden, konnte natürlich nur eine beschränkte Zahl von Arterien auf ihr Verhalten während der Rückenmarksreizung untersucht werden. Zudem waren die betrachteten Arterien durch ihre Blosslegung in Verhältnisse gebracht, welche an und für sich schon Veranlassung zu Contractionen der Wand geben konnten. Desshalb schien es wünschenswerth, noch auf eine andere Weise den Zustand der Muskelarterien während der Rückenmarksreizung zu prüfen.

Hier bot sich nun als ein einzuschlagender Weg die Ermittlung der Blutmenge dar, welche durch eine grössere vorzugsweise in Muskelzweige zerfallende Arterie vor und während der Rückenmarksreizung fliesst. Wenn die Muskelarterien während der letztern sich nicht verengten, so war zu erwarten, dass der Blutstrom durch die Muskeln während der Rückenmarksreizung viel rascher strömte als vor derselben, weil der Druck des Blutes zu jener Zeit sehr gewachsen war. Blieb dagegen die Geschwindigkeit unverändert oder minderte sie sich gar, so war auch auf eine Verengung der Muskelarterien zu schliessen. Dieses eben geschilderte Princip gewährt offenbar den Vortheil, dass gleichzeitig der Zustand der Arterien in grossen Abschnitten geprüft wird und dass die geprüften Arterien in durchaus natürlichen Verhältnissen verbleiben. Um das Vorhaben zur Ausführung zu bringen, setzte ich in die A. cruralis, bevor dieselbe ihre Zweige zu den Muskeln des Oberschenkels abgiebt, die Stromuhr und mass das durch dieselbe gehende Blutvolumen vor, während und nach Reizung des durchschnittenen Rückenmarks. Da die A. cruralis nur Haut- und Muskelzweige (von den kleinen Knochenarterien abgesehen) abgiebt, und da ferner bei der Rückenmarksreizung die Hautarterien ganz geschlossen oder mindestens sehr verengt werden, so konnte aus der Veränderung, welche die Stromgeschwindigkeit während der Rückenmarksreizung erlitt, auf den Zustand der Muskelarterien des ganzen Schenkels geschlossen werden. Von diesen mühsamen Versuchen kann ich leider nur einen gelungenen vorführen. — Da das angestrebte Ziel mittelst der Stromuhr nur mit Schwierigkeit zu erlangen war, so versuchte ich es auch ohne sie mein Vorhaben zu erreichen. Hiebei ging ich von folgender Betrachtung aus. Gesetzt das Herzende der gefüllten Aorta werde fest verschlossen, so würde sie ihren Inhalt und zwar so weit in die Venen ergiessen, bis der Druck hier und dort derselbe wäre. Dazu würde eine gewisse Zeit, wir wollen sagen die Ausgleichungszeit, nöthig sein. Die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut die Aorta verlässt, wird sich während der ganzen Dauer dieser Zeit nicht gleich bleiben, sondern sie wird von Augenblick zu Augenblick kleiner werden, theils weil mit jedem Tröpfchen, das von der Aorta zu den Venen übergeht, der Druckunterschied zwischen den beiden Gefässräumen geringer wird, theils aber weil mit der Minderung des Drucks sich die Verbindungswege

zwischen Arterien und Venen verengen. Dächten wir uns nun die während der Ausgleichungszeit aufeinander folgenden Geschwindigkeiten als Ordinaten auf die Abscisse der Zeit aufgetragen, so würden wir eine Curve erhalten, deren Ordinaten vom Beginn bis zum Ende der Ausgleichungszeit im Allgemeinen von einem bestimmten Werthe bis zur Null abnehmen würden. Aehnlich wie durch eine Curve der veränderlichen Geschwindigkeit wird der Vorgang des Ausströmens auch durch eine solche des veränderlichen Druckes dargestellt werden können, welche das Gegenbild der zuerst genannten ist. Dieses leuchtet ein, wenn man bedenkt, dass die Geschwindigkeit durch die aus dem Gefäss ausgeflossenen Volumina, der Druck dagegen durch die in ihm vorhandenen angegeben wird. So lange es sich also nur um Vergleichung proportionaler Werthe handelt, wird es gleichgültig sein, ob wir zur Charakteristik die Reihenfolge der Geschwindigkeiten, oder die des Drucks für die Zeit darstellen können, unter welchen sich die Aorta und ihre Zweige entleeren. Für unseren Zweck ist es geeigneter, statt der Curve der Geschwindigkeiten die der Drücke im Auge zu behalten. In ihr ist die Höhe der Ordinaten gleichbedeutend mit dem Füllungsgrad der Gefässe, und der Unterschied der Höhe zweier um die Zeiteinheit voneinander abstehender gleich dem Volum, welches indess ausgeströmt ist; mit andern Worten die Steilheit des Abfalls ist ein Kennzeichen für die Entleerungsgeschwindigkeit. — Die physischen Bedingungen, welche bei gleichen Dimensionen und bei gleichen elastischen Eigenschaften der Gefässwand die Steilheit der Curve bestimmen, sind, wie schon oben angedeutet, der Füllungsgrad der Gefässe und die Zahl und die Weite der Abflussröhren. Wenn also zwei Curven, die rasch hintereinander von demselben Gefässe gewonnen wurden, entweder durch die absoluten Werthe der Höhen oder durch den Grad ihrer Steilheit sich voneinander unterscheiden, so können wir aus diesen Unterschieden sichere Aussagen über den physischen Zustand der Gefässe zu jenen Zeiten machen. Wenn z. B. mit der Ausgleichungszeit die beiden Curven auf derselben Ordinate beginnen, die eine aber steiler als die andere abfällt, so dass sie den Nullpunkt der Geschwindigkeit rascher erreicht als die andere, so würden während des weniger steilen Abfalls die Ausflusswege enger oder weniger zahlreich als während des steilern gewesen sein.

Der Versuch, welcher uns nach dem eben vorgelegten Plane Auskunft über den Zustand der Gefässe vor und während der Rückenmarksreizung geben soll, gestaltet sich sehr einfach. Man setzt ein Manometer in die Carotis, lässt seinen Schwimmer auf einem mit bekannter Geschwindigkeit abgewickelten Papierstreifen die Curven des Blutdrucks schreiben und reizt dann den N. vagus bis zum Herzstillstand, und zwar einmal mit und das andre Mal ohne gleichzeitige Tetanisirung des Rückenmarkes. Die beiden Curven, welche man erhält, werden schon in den meisten Fällen entscheidend sein für die Frage, zu welcher Zeit die Gefässe am meisten verengt waren, trotzdem dass das Absinken bei gleichzeitiger Reizung des N. vagus und des Rückenmarks von einer viel höhern Ordinate anfängt als bei ausschliesslicher Reizung des N. vagus. Sollte noch ein Zweifel bleiben, so ist es auch leicht, den Unterschied der Anfangscoordinaten wegzuschaffen, indem man während fortdauernder Rückenmarksreizung die des Vagus auf einen Moment unterbricht, wenn der Druck in Folge einer langen Pause schon tief herabgegangen. Der in Folge des unterbrochenen Reizes eintretende einmalige Herzschlag pflegt dann den Druck auf eine Höhe zu heben, welche der normalen, ohne Rückenmarksreizung vorhandenen nahe kommt.

Vorausgesetzt es seien während der Rückenmarksreizung die kleinen Arterien insgesammt geschlossen gewesen, so würde sich der Blutdruck während des Herzstillstandes unverändert erhalten haben, gesetzt aber die Rückenmarksreizung wäre für einzelne kleine Arterien unwirksam gewesen, so würde der Blutdruck auch während der Herzpause abnehmen. Mit einem Wort, man konnte auch hier aus der Geschwindigkeit, mit welcher der Blutdruck absinkt, einen Schluss auf die Weite der Abflusswege machen. Da nun unzweifelhaft feststeht, dass die Haut- und Unterleibsarterien während der Reizung fast vollständig verschlossen werden, so mussten die Muskelarterien zum mindesten der Hauptsache nach als die etwa noch vorhandenen Abflusswege angesehen werden.

Zu allen bisher geschilderten Versuchen rathe ich vorzugsweise junge Thiere zu verwenden, und namentlich insofern man Hunde wählt nur junge. Aeltere ertragen die Durchschneidung des Markes nicht; und die Gefässnerven aller älteren Thiere sind viel weniger reizbar als die der jüngeren.

Gestützt auf die Versuche, welche ich nach den beschriebenen Verfahrungsarten angestellt habe, halte ich mich für berechtigt zur Aufstellung folgender Sätze.

1. Während einer tetanischen Reizung des Rückenmarkes kommt es vor, dass sich die contractilen Ringfasern der Muskelarterien zusammenziehn. Somit stehen die Nerven der genannten Gefässe in einer ähnlichen Beziehung zum gereizten Hirn- und Rückenmark wie die aller übrigen Arterien. Diese Abhängigkeit ist jedoch keineswegs eine so innige, wie sie bei andern Arterien, z. B. denen der Haut und der Unterleibseingeweide, angetroffen wird. In den zuletzt erwähnten Organen verengen sich die Arterien jedesmal und so oft, als das noch erregbare Rückenmark gereizt wird, in den Muskeln dagegen geschieht dieses durchaus nicht jedesmal. In den mit Curare vergifteten Thieren habe ich niemals eine von der Rückenmarksreizung abhängige Verengerung der Muskelarterien gesehen, obwohl alle übrigen Arterien sich zusammen zogen, wie dieses theils der Anblick einzelner blossgelegter Gefässe und theils die bedeutende Steigerung des Blutdrucks nachwiesen.

2. Die Nerven der contractilen Ringe um die Muskelarterien ermüden ungemein leicht, denn selbst die wenigen Male, wo an ihnen auf Reizung des Rückenmarks ein positiver Erfolg sichtbar war, trat derselbe doch nur sehr vorübergehend ein. Die Muskelarterien waren längst schon wieder in die Erweiterung eingetreten, als noch andere Arterien fort und fort in der Zusammenziehung verharrten, beziehungsweise bei jeder neuen Reizung in dieselbe eintraten, was durch den hohen Blutdruck bewiesen wurde, welcher während der Reizung des Rückenmarks eintrat und diese überdauerte.

Bei der Auseinandersetzung der Methoden habe ich schon darauf hingewiesen, dass es häufig unmöglich ist, durch die Betrachtung der Arterienstämmchen Gewissheit über die Aenderungen ihres Durchmessers zu gewinnen. Wo uns dieses Verfahren im Stich lässt, da kann man durch die Anlegung eines Muskelquerschnittes die Ueberzeugung gewinnen, dass die Rückenmarksreizung in der Regel keine Verengung der Muskelarterien zu bewirken vermag.

Eine Verwundung des Muskels bedingt, vorausgesetzt dass keine grössere Arterie getroffen wurde, in der Regel keine oder eine nur sehr mässige Blutung. Diese tritt aber sehr merklich,

ja häufig sehr stark ein, wenn das Rückenmark gereizt wird. Die Reichlichkeit, in der sie eintritt, pflegt von der Grösse des Blutdrucks abzuhängen, welche durch die Rückenmarksreizung hervorgebracht wird. Je mehr sich derselbe erhebt, je mehr sich also die Arterien der Cutis und der Eingeweide verengen, um so stärker blutet die Muskelwunde, und diese Blutung hält so lange an, als der Blutdruck über sein gewohntes Maass erhöht bleibt. Dieser einfache und lehrreiche Versuch beweist auf das Klarste, wie sehr das Verhalten der Arterien, die den Muskel versorgen, von demjenigen abweicht, welches die entsprechenden Gefässe der Haut und der Eingeweide durchziehen.

3. Mit den eben gemeldeten, aus der unmittelbaren Betrachtung der Arterien geschöpften Thatsachen sind in voller Uebereinstimmung die Erfahrungen, welche ich aus der Stromgeschwindigkeit in den grossen Stämmen der Muskelarterien gewann. Als die Stromuhr im Lumen der A. cruralis sass, strömte das Blut vor der Reizung mit mässiger Geschwindigkeit durch dieselbe. Als darauf das Rückenmark gereizt wurde und in Folge hiervon der Druck in der Aorta merklich anstieg, vermehrte sich die Geschwindigkeit um mehr als das Doppelte und sank, als die Reizung beendet war, allmählig auf den alten Werth zurück. In Zahlen ausgedrückt, flossen jedesmal 6 C.-Cm. durch die Art. cruralis vor der Reizung des Rückenmarks in 11.9—13.4—7.2—6.8—8.0 Secunden. — Während der Reizung des Rückenmarks in 3.0—3.6—3.8 Secunden. Nach Beendigung der Reizung während dessen der Druck allmählig absank in 4.7—3.9—4.6—4.9—6.9—7.9 Secunden. Diese Erfahrung kann nur dahin gedeutet werden, dass die Muskelarterien während der Verengung zahlreicher anderer vollkommen offen geblieben sind, so dass der Strom in Folge des hohen Drucks durch sie einen Ausweg fand.

Auf dasselbe Verhalten der Muskelarterien weisen auch die Ergebnisse hin, welche bei gleichzeitiger Reizung des Nervus vagus und des Rückenmarks zum Vorschein kamen. Das Resultat gebe ich in möglichst getreuer Nachbildung der Form wieder, in welcher sie erhalten wurden.

Da sämmtliche Beobachtungen ganz Aehnliches aussagen, so glaube ich mich auf die Mittheilung eines einzigen Falles beschränken zu dürfen.

Zu den Curven gehören die folgenden Zahlen und Erläuterungen. Das Versuchsthier war ein mässig grosser unvergifteter Hund. — Zu Curve *a*. Nachdem durch Reizung des durchschnittenen Rückenmarkes der Druck in der Art. carotis auf 146 Mm. Hg. emporgetrieben war, wurde durch Reizung des N. vagus eine Pause von 4.3 Secunden Dauer hervorgerufen, während welcher der Druck auf 60 Mm. Hg. sank. Als zu dieser Zeit die Vagusreizung momentan unterbrochen wurde, kehrte ein Herzschlag wieder; er hob den Druck auf 94 Mm. Die wieder eingetretene Vagusreizung erzeugte einen neuen Herzstillstand. Curve *b*. Während der Pause von 7.1 Secunden sank der Druck von 94 Mm. Hg. auf 42 Mm. herunter. — Nach Beendigung der Vagusreizung und noch dauernder Tetanisirung des Rückenmarkes kehrte der Druck auf 146 Mm. zurück. Als nun auch die Rückenmarksreizung unterbrochen wurde, erniedrigte sich der Druck auf 76 Mm. Hg., wo er sich dauernd erhielt. Als jetzt der N. vagus in den Inductionsstrom eingeschaltet wurde, Curve *d*, sank der Druck in 7.1 Secunden auf 24 Mm. herunter. Die drei Curven des absinkenden Druckes sind der besseren Vergleichung wegen untereinander gestellt; ausserdem ist noch eine *c* beigefügt, die einer unmittelbar vor *a* vorausgehenden Reizung entnommen ist. Während ihres Ablaufs waren gleichzeitig das Rückenmark und N. vagus gereizt. Der Druck zu Beginn dieser Senkungscurve *c* betrug 84 Mm. Hg., er ging während einer Pause von 7.7 Secunden auf 44 Mm. herab.

An diesen Curven ist nun einleuchtend, dass *a*, *b*, *c*, die sich durch den verschiedenen Anfüllungszustand der Aorta unterscheiden, aber während der Rückenmarksreizung gewonnen sind, in ihrem Verlaufe rasch convergiren. An den Curven

b, *c* und *d* dagegen, von denen die beiden erstern (*b*, *c*) noch durch den Contractionsgrad der kleinen Gefässe von der letztern (*d*) unterschieden sind, sieht man, dass sie im Verlaufe divergiren, indem das Absinken von *b* und *c* mehr und mehr hinter dem von *d* zurückbleibt. Diesen Unterschied in der Geschwindigkeit, womit sich der Arterieninhalt entleert, je nachdem das Rückenmark erregt oder nicht erregt ist, musste man bekannten Erfahrungen entsprechend allerdings erwarten. Das, was man aber nicht voraussehn konnte, ist der geringe Betrag dieses Unterschiedes. Nach der bis dahin herrschenden Annahme sollte während der Rückenmarksreizung die Verengung der Gefässe sich auf alle feinsten Zweige des Aortensystems erstrecken. Träte dieses in der That ein, so würde die nothwendige Folge hiervon die gewesen sein, dass die Füllung der Aorta während der Vagusreizung ganz oder nahezu unverändert geblieben wäre, oder mit andern Worten, dass die während des Herzstillstandes abgenommene Druckcurve eine horizontale oder dieser sich nähernde Linie gewesen sein würde. Diese Voraussicht sehen wir jedoch in keiner Weise bestätigt; der Druck fällt während des zur Zeit der Rückenmarksreizung eingeleiteten Herzstillstandes zwar langsamer, aber immerhin, namentlich so lange der Druck noch ein höherer ist, so rasch ab, dass wir nothwendig daraus schliessen müssen, es seien dem Blutstrom von der Aorta zu den Venen noch zahlreiche Bahnen geöffnet.

Mit dieser Erkenntniss erhebt sich nun auch sogleich die Frage, welche Arterien von dem Rückenmarksreize unberührt bleiben. Erfahrungsgemäss wissen wir, dass die Gefässe der Cutis und sämmtlicher Unterleibseingeweide, die der Nieren mit eingeschlossen, während einer dauernden und kräftigen Rückenmarksreizung vollständig verschlossen werden, dass dagegen die blossgelegten Muskelarterien in der Regel nichts ähnliches aufzeigen. Demgemäss werden wir darauf geführt, dass die letztern Arterien auch in unserem Falle, wo sie durchaus unversehrt waren, offen geblieben sind. — Diese vorerst nur wahrscheinliche Erklärung würde ihre volle Bestätigung dann gefunden haben, wenn es möglich wäre, alle oder mindestens einen grossen Theil der Muskelarterien durch Ligaturen zu schliessen und dann unsern Versuch zu wiederholen, um zu sehen, ob nun der Druck während des Herzstillstandes und der Rückenmarksreizung unverändert bliebe. Das Unausführbare dieser Controle

liegt jedoch auf der Hand, somit müssen wir uns einstweilen mit dem Ausspruch begnügen, dass die gegebene Erklärung in voller Uebereinstimmung mit dem ist, was uns andere Erfahrungen über die Muskelarterien lehrten.

4. Meine Versuche lehren weiter, dass man jedoch sehr im Unrecht sein würde, wenn man annehmen wollte, die contractilen Ringe der Muskelarterien seien träge Gebilde, weil sie nur in beschränktem Maasse durch ihre Gefässnerven zur Zusammenziehung gebracht werden. Schon die Beobachtungen von *Sadler* haben erwiesen, dass sich der Blutstrom durch die Muskeln sehr innig den Zuständen anschliesst, welche in den Muskelfasern angetroffen werden. Aus diesen Beobachtungen wurde es sehr wahrscheinlich, dass sich die contractilen Ringe der Muskelarterien ganz unabhängig von den Gefässnerven erweitern und verengern. Noch unmittelbarer führte zu diesem Schluss eine Versuchsreihe von *Genersich*, welcher fand, dass während eines künstlichen Blutstroms durch die abgeschnittenen Hinterbeine des Hundes die Arterien im Ganzen, oder mit spindelförmigen Erweiterungen unterbrochen, sich zusammenzogen und andremale sich erweiterten. In diesem Fall war ganz unzweifelhaft die Zusammenziehung der Arterienmuskeln unabhängig von einer Nervenerregung, die aus dem Rückenmark hervorgegangen hätte sein können, weil hier gar kein lebendiges Rückenmark mehr vorhanden war. Meine Beobachtungen bestätigen nun das, was *Genersich* und *Sadler* gesehen haben von einer andern Seite her. Fast so oft, als ich Muskelarterien blosslegte, sah ich auch, dass dieselben Zusammenziehungen darboten, welche der ganzen Reihe der Erscheinungen nach unabhängig von den Reizungszuständen des Rückenmarkes vor sich gingen. Diese Contractionen zeichneten sich ihrer Ausbreitung nach von den aus dem Rückenmark her veranlassten dadurch aus, dass sie sich nicht über den ganzen Verlauf einer Arterie erstreckten, sondern dass sie gewöhnlich nur beschränkte Theile ergriffen. In Folge hiervon boten sie einen Wechsel von Einschnürungen und Ausbuchtungen dar, so dass eine solche Arterie ihrem Aussehen nach mit einer Perlschnur verglichen werden konnte. — Was die Zeit anlangt, in welcher diese theilweisen oder auch zuweilen vollständigen Zusammenziehungen eintraten, so war diese ganz unabhängig von den Perioden, in welchen das Rückenmark gereizt wurde. Ganz gewöhnlich erschienen nämlich die Zu-

sammenziehungen längere Zeit nach einer vorausgegangenen Reizung des Rückenmarks, und sie hielten dann viele Minuten hindurch an, gleichgiltig, ob in dieser Zeit die Nadeln dem Rückenmark einen Reiz zuführten, oder nicht zuführten. Die Thatsachen, dass die Arterien, wenn sie verengt waren, auch in diesem Zustand verharrten, trotzdem dass der Blutdruck durch eine inzwischen eingetretene Rückenmarksreizung bedeutend erhöht war, lieferte den Beweis, dass die Verengerung eine wirklich active, von vermehrter Widerstandsfähigkeit der Arterienwand herrührende gewesen sein musste.

5. Eine der Aufgaben, die ich mir beim Beginn meiner Unternehmung gestellt hatte, bestand auch darin, die Bahnen aufzusuchen, in welchen die Nerven der Arterien von dem Rückenmark zum Muskel verlaufen. Bei der unbeständigen Reizbarkeit, welche die Nerven den vorstehenden Beobachtungen entsprechend darboten, war es unmöglich, durch physiologische Reactionen die Aufgabe zu lösen, ein Umstand, der umsomehr zu bedauern ist, als die anatomische Zergliederung des sympathischen Nervensystems für diesen Verlust keinen vollen Ersatz bieten kann. Ueber einen und wie mir scheint nicht unwichtigen Theil der vorliegenden Aufgabe bin ich jedoch durch die anatomische Untersuchung aufgeklärt worden.

Zum M. biceps femoris gehen Arterienzweige ebensowohl aus der Art. hypogastrica als auch aus dem untern Ende der A. femoralis. Die Nerven der quergestreiften Muskeln dringen dagegen ausschliesslich von hinten und oben aus Aesten des Plex. ischiadicus in den M. biceps ein. Aufgefordert durch dieses abweichende Verhalten von Arterien und Nerven unternahm ich eine genauere Zergliederung der aus dem untern Ende der Art. femoralis hervorgehenden Gefässzweige, in der Absicht, dort nach Gefässnerven zu suchen. Meine Erwartung hat sich in der That bestätigt, indem es mir unter Anwendung von Essigsäure leicht gelang, starke Bündel sympathischer Fasern in der Tunica adventitia dieser untern Arterienzweige aufzufinden. Die Nerven begleiteten die Gefässe und zwar ausschliesslich diese in den M. biceps hinein, und sie traten dort, wie auf Querschnitten zu sehn, schliesslich mit feinern Aesten zwischen die Elemente der arteriellen Muskelringe. Danach darf man wohl diese Nerven als solche ansehn, welche für die Muskelringe der Arterien bestimmt sind. Ist aber dieses der Fall, so dürfte hiemit ein Ort gefunden

sein, an welchem die Nerven der quergestreiften und diejenigen der Gefässmuskeln gesondert gereizt oder gelähmt werden können, weil die Gefässnerven zur Arteria cruralis aus dem Plex. lumbalis beziehungsweise aus dem N. cruralis hindringen, während, wie erwähnt, der Plex. ischiadicus die Nerven zur quergestreiften Faser sendet.

In Ermangelung eines bessern dürfte sich desshalb der bezeichnete Ort als sehr geeignet für zukünftige Untersuchungen erweisen.

6. An diese Versuche knüpfen sich noch einige Wünsche und Bemerkungen. — Obwohl in der Mehrzahl meiner Beobachtungen die motorischen Nerven unerregbar waren, so darf daraus doch nicht geschlossen werden, dass sie dieses im Verlaufe des Lebens immer sind. Wäre dieses letztere der Fall, so würden die Nerven als selbständige Gebilde zu Grunde gehn. Demgemäss muss man annehmen, entweder dass sie nur den specifischen Erregungsarten des verlängerten Markes gegenüber erregbar sind oder dass sie das letztere überhaupt nur zeitweise sind. Die motorischen Nerven der Muskelarterien würden dem entsprechend in eine Reihe mit den Nerven der Darmmuskeln zu setzen sein.

Im Gegensatz zu ihren Nerven sind die contractilen Fasern der Arterien, welche innerhalb der Muskeln verlaufen, zu allen Zeiten sehr erregbar. Aus diesem Grunde wird man geneigt sein, die Aenderungen des Blutstroms durch die Muskeln vorzugsweise den Eigenschaften der Gefässmuskeln selbst zuzuschreiben. — Demnach hätte man sich zu denken, dass die Muskelringe der Arterien so lange einen mässigen Grad von Zusammenziehung bewahrten, als die Masse der quergestreiften Muskeln erschlafft wäre, vorausgesetzt dass die Muskelsubstanz in ihrer normalen chemischen Zusammensetzung verharrte. Diese Hypothese kann, so weit ich sehe, nicht umgangen werden, trotzdem dass sie an die Arbeitskraft der Arterienmuskeln eine grosse Anforderung stellt.

Aus diesem Zustande mittlerer Contraction können nun aber die Gefässmuskeln nach zwei Richtungen hin heraustreten, entweder sie können sich noch weiter bis zur vollen Verschliessung der Gefässlichtung verengen oder sie können vollständig erschlaffen.

Der Zustand verstärkter Contraction kommt nach unsern gegenwärtigen Erfahrungen häufig zu Stande, wenn die Muskelgefässe während kürzerer oder längerer Zeit durch einen ver-

stärkten Druck ausgedehnt waren. Ob dieses jedoch jedesmal eintritt, wenn der Blutdruck zu ungewöhnlichen Werthen angestiegen ist, müssen wir dahin gestellt sein lassen. In der von mir ausgeführten Versuchsreihe sah ich das genannte Verhalten allerdings fast ausnahmslos. Jedesmal wenn durch die Rückenmarksreizung der Blutdruck anhaltend und wiederholt emporgetrieben gewesen, verengte sich später eine grössere oder geringere Zahl der blossliegenden Muskelarterien bis zum Verschwinden ihres rothen Inhaltes. Diese Zusammenziehung war, wie schon oben erwähnt, so energisch, dass ein durch eine neue Reizung des Rückenmarks emporgetriebener Blutdruck nicht im Stande war die Lichtung der Arterie wieder herzustellen.

Die einfachste Erklärung, welche sich für dieses Verhalten geben lässt, dürfte darin bestehen, dass die Ausdehnung, welche die Muskelringe durch den hohen Blutdruck erfahren haben, als ein Reiz auf die letzteren selbst wirkt.

Von den Bedingungen, welche eine Erschlaffung der Muskelringe herbeiführen, sind uns zwei bekannt.

Die erste derselben tritt in Wirksamkeit, wenn die quergestreiften Muskeln in Zusammenziehung gerathen oder wenn sie aus einer eben bestandenen austreten. Die zweite ereignet sich, wenn die Muskeln einige Zeit hindurch den Blutstrom vollständig entbehren mussten. Ob in diesen beiden Fällen der Gefässmuskel aus denselben innern Gründen erschlafft, lässt sich allerdings nicht erweisen, aber möglich wäre es immerhin, dass beide Male eine Aenderung im Gasgehalte des Blutes die Erschlaffung herbeiführte

Aus der Thatsache, dass die Muskelringe der Arterien, welche sich in den quergestreiften Muskeln verbreiten, in einer beschränkten Abhängigkeit von den Erregungen stehen, die den Gefässnerven vom Rückenmark her zukommen, ergiebt sich noch eine andere Folgerung. Unzweifelhaft bieten die Strombahnen, welche durch die quergestreiften Muskeln ziehen, dem Blute einen Ausweg, wenn dieses in Folge einer gleichzeitigen Erregung der Gefässnerven für die Haut und die Eingeweide aufgestaut wird. Für die Richtigkeit dieser Behauptung stehen alle Versuche ein, welche nach den in der vorliegenden Abhandlung beschriebenen Methoden angestellt sind. Was nun im höchsten Maasse für den Fall gilt, in welchem die kleinen Arterien der Haut und der Muskeln gleichzeitig verschlossen werden, muss

natürlich, wenn auch im minderen Grade, stattfinden nach der Verschliessung der Gefässe in nur einem der beiden genannten Gebiete. Mit dieser Einsicht erweitert sich aber unsere Vorstellung von dem veränderlichen Strombett des Blutes dahin, dass bei einem vollständigen oder theilweisen Verschluss, welcher die Arterien der Eingeweide oder die der Haut betrifft, der ausgleichende Strom zum Theil auch durch die Muskeln hindurch geführt wird.

Ueber Entstehung und Verbreitung des thierischen Zuckerfermentes.

Von

Dr. Lépine.

Die in den folgenden Blättern beschriebenen Versuche sind im Frühjahr und im Vorsommer dieses Jahres in dem physiologischen Institute zu Leipzig angestellt worden; der Beginn derselben fällt also vor den Zeitpunkt, zu welchem die interessante Arbeit *v. Wittichs* *) über denselben Gegenstand veröffentlicht wurde. Diese Bemerkung mag dazu dienen um es zu entschuldigen, dass hier einige Beobachtungen mitgetheilt werden, welche schon in der erwähnten Abhandlung beschrieben worden sind. Insofern sie von mir selbstständig angestellt sind glaubte ich sie, als Bestätigungen der Versuche meines Vorgängers nicht unterdrücken zu sollen.

1. Ueber die Speicheldrüsen des Frosches. Meine Untersuchung ging von der Frage aus, ob schon innerhalb der Mundhöhle des Frosches Amylon in Zucker umgewandelt werde. Der Versuch ergab ein positives Resultat. Das einfachste Mittel um dieses zu beweisen besteht darin, dass man in ein Probirröhrchen das gekochtes und in Wasser suspendirtes Amylon enthält, Schleimhautstückchen von der Zunge oder dem weichen Gaumen des Frosches einführt. Nach einer halben bis zu einer ganzen Stunde kann man mit der Probe von *Trommer* sehr deutlich den entstandenen Zucker nachweisen. Das Ferment, welches diese Umwandlung herbeiführt, ist in der schleimigen Flüssigkeit enthalten, welche in der Mundhöhle und namentlich auf der Zungenoberfläche des Frosches vorkommt. Hiervon kann man sich leicht dadurch überzeugen dass man die Zunge des Frosches mit kleinen quadratischen Stückchen von Seidenpapier

---

*) Archiv für Physiologie von Dr. E. F. W. Pflüger. 7. u. 8. Heft. 1870.

belegt und diese, nachdem sie sich mit Flüssigkeit durchtränkt haben, in rohes oder gekochtes Amylon bringt, das in Wasser aufgeschwemmt ist. Die Zuckerprobe weist nach Verlauf der oben angegebenen Zeit die Umwandlung des Amylon nach. Wenn man den soeben beschriebenen Versuch ausführt, so wird man bemerken, dass sich alsbald nach dem Auflegen der Papierchen die Zunge röthet und dann die bis dahin sparsam entstandene Flüssigkeit sich so sehr mehrt, dass man nun dieselbe mit einem feinen Glasstab abheben kann. Diese Flüssigkeit ist nun ebenfalls im Stande nicht unbedeutende Mengen von rohem oder gekochtem Amylon in Zucker umzuwandeln.

Die Erfahrung dass die Zunge des Frosches auf einen mechanischen Reiz sich röthet und dabei eine schleimige, viel Zuckerferment enthaltende Flüssigkeit absondert, legte den Gedanken nahe dass die in der Zunge des Frosches vorhandenen traubigen Drüsen *) in die Reihe der Speichel absondernden gehören möchten. Hierfür spricht allerdings von vornherein die grosse bisher freilich übersehene Aehnlichkeit der Form zwischen den sog. Speichelzellen und den Zellen, welche die Wand unserer Zungendrüsen überkleiden. Um jedoch auch von physiologischer Seite aus den Beweis zu vervollständigen, entschloss ich mich zu dem Versuch die Absonderung durch Nervenreizung hervorzulocken. Dieses ist mir denn auch durch Erregung des n. hypoglossus und n. glossopharyngeus (*Eckerts* Tabulae) gelungen. Nachdem ich je einen der beiden Nerven vorsichtig aufgesucht und durchschnitten hatte, tetanisirte ich den wohl isolirten peripherischen Stumpf durch Inductionsströme. Mit dem Beginn der Reizung röthete sich auch die entsprechende Zungenhälfte und alsbald bedeckte sich die letztere mit einer starken Schicht fadenziehender Flüssigkeit. Die Klebrigkeit derselben verhinderte das Zusammenfliessen des Secretes zu Tropfen. Wurde jedoch die Schicht welche die Zunge bedeckte weggenommen, so überzog sich die Zunge von Neuem mit der schleimigen Flüssigkeit. Derselbe Erfolg kam zum Vorschein, wenn die Zunge unmittelbar von den Inductionsströmen getroffen wurde. Wenn eine Froschzunge anhaltend gereizt und dann in *Müller*'scher Flüssigkeit aufbewahrt war, so liess sich auf

*) *Fixsen*, de linguae raninae textura. Dorp. 1857. *Hoyer*, du Bois u. Reicherts Archiv 1859.

Durchschnitten, die durch ihre Drüsenschicht gelegt waren erkennen, dass in der Umgebung der Drüsenbeeren zahlreiche Lymphzellen angehäuft waren.

Drüsen, die in ihrem Innern Zellen von der Form der Speichelzellen enthalten, die während der Nervenerregung einen schleimigen das Amylon umwandelnden Saft abschieden und zugleich von einem stärkeren Blutstrom durchsetzt werden, dürften wohl ungescheut in die Classe der Speicheldrüsen eingereiht werden. Diese Drüsen sind der Aufmerksamkeit der Histologen zu empfehlen.

2. Ueber die Verbreitung des Zuckerfermentes durch den thierischen Organismus. Wenn man den Nachweis des diastatischen Stoffes dadurch versucht, dass man verkleinerte Organtheile in aufgeschwemmtes Amylon bringt, so gelingt derselbe an überraschend vielen Orten. Ausser an den Fundstellen die *Magendie*, *Nasse*, *Cl. Bernard*, *Piotrowsky*, *Thiry*, *Wittich* u. A. angeben, nämlich im Blute, in der ausgewaschenen Magen- und Darmschleimhaut, in der Leber und Galle, in der Niere und Harnblasenschleimhaut, in dem Gehirn, in den Muskeln, habe ich ihn noch nachweisen können bei Hunden, Kaninchen und Fröschen in der Milz, in dem Lungengewebe, im Hoden, in den Sehnen, den serösen Häuten, der Hornhaut, dem Glaskörper, ferner in der äussern und innern Fläche der Froschhaut, in dem Schleim des Eierstocks der Frösche und in dem schleimigen Ueberzug der Wegschnecke. Der einzige Ort an welchem ich ihn suchte und nicht antraf war die Krystalllinse.

Die Organe in welchen das Ferment vorkommt, enthalten dasselbe nicht in gleicher Menge. Hiervon überzeugte ich mich dadurch, dass ich ein bestimmtes Gewicht von jedem der genannten Organe in möglichst zerriebenem Zustand mit viel Wasser in gekochtes Amylon brachte. Dieses Gemenge liess ich in einem Kellerraum bei etwa $+8^0$ C. mehrere Stunden stehen, filtrirte dann die Flüssigkeit ab, befreite dieselbe von ihrem Eiweissgehalt und titrirte den gebildeten Zucker. Mit diesem Verfahren fand ich durchweg mehr Zucker im Blut, im Muskel, in der Milz, im Glaskörper, als im Hoden oder im Gehirn. Ich unterlasse es, hierfür die gefundenen Zahlenbelege vorzubringen, weil sie aus sogleich anzugebendem Grunde doch keinen Anspruch darauf machen können, ein genaueres Bild von der Verbreitung des Fermentes während des Lebens zu geben.

3. Für die Beantwortung der Frage ob das Ferment innerhalb eines Organes in dem Maasse entsteht, in welchem es dort gefunden werde war es von Wichtigkeit zu wissen, ob es sich durch Endosmose weiter verbreiten könne. Um hierüber zu einer Entscheidung zu gelangen brachte ich eine grössere Menge frischen Mundspeichels auf die eine Seite eines sog. Dialysators aus vegetabilischem Pergament, auf die andere aber gekochtes Amylon, das in Wasser aufgeschwemmt war. Als dieser Apparat 2 Stunden auf Eis gestanden hatte war schon eine sehr deutliche Zuckerreaction innerhalb des Amylons nachzuweisen; als aber nach dem Verlauf von zwei Tagen der Zuckergehalt der Amylonlösung geprüft wurde, ergab sich derselbe zu zwei Procent. Diese Thatsache bestätigt also das was *v. Wittich* gefunden hatte; zugleich warnt sie davor aus der Gegenwart des Fermentes so ohne Weiteres auch die Entstehung desselben an seinem Fundorte abzuleiten.

4. Man könnte dagegen geneigt sein die weite Verbreitung des Fermentes durch den thierischen Körper allein auf Rechnung seiner Diffundirbarkeit zu setzen. Aber bei diesem Unternehmen würde es der Erklärung Schwierigkeiten bieten, warum die Krystalllinse so ausnahmslos frei von dem Fermente gefunden wird, obwohl das letztere in reichlicher Menge dem Glaskörper zukommt. Dieser Widerspruch veranlasste mich eine Angabe *Cl. Bernards* *) genauer zu prüfen, nach welcher der zuckererzeugende Körper in Folge einer Umsetzung von eiweissartigen Stoffen entstehen sollte. Die wesentlichste der Thatsachen, welche *Cl. Bernard* für seine Ansicht vorbringt, lässt sich leicht bestätigen. Wird wohlausgewaschener Blutfaserstoff in Wasser vertheilt und mit diesem einige Tage bei der sommerlichen Luftwärme sich selbst überlassen, so besitzt das abfiltrirte Wasser die Zucker bildenden Eigenschaften in sehr ausgeprägter Weise. Das Wasser hat jedoch, wie schon *Cl. Bernard* bemerkt, diese Befähigung nicht mehr, wenn eine deutliche durch den Geruch zu erkennende Fäulniss eingetreten ist. — Eine andere von *Cl. Bernard* an dem Hundespeichel beobachtete Thatsache fand ich für den Speichel des Menschen dagegen nicht bestätigt. Nach ihm gewinnt der ursprünglich wirkungslose oder nur sehr schwach

---

*) Leçons de physiologie expérimentale tom. II. Cours du semestre d'été 1855. Paris 1856. p. 159—167; 373—376.

wirksame Hundespeichel die diastatische Befähigung dadurch, dass man ihn während einiger Tage an der Luft stehen lässt. Als ich einen ähnlichen Versuch mit dem Mundspeichel des Menschen ausführte, stellte sich keine Steigerung seiner diastatischen Wirkung ein. Gleiche Quantitäten frischen Speichels wandelten gerade soviel gekochten Amylons in Zucker um, als dieses von einer gleich grossen Portion desselben Speichels geschah, der zwei, vier, acht, sechszehn Stunden an der Luft gestanden hatte. Demgemäss müsste man annehmen, dass der frische Speichel des Menschen, im Gegensatz zu dem des Hundes, keinen Stoff mehr enthielte, welcher bei seiner Umsetzung ein Ferment zu liefern vermöchte.

Da ich in der frischen Krystalllinse eine Masse kennen gelernt hatte, welche im frischen Zustande sowohl als auch nach Behandlung mit Alkohol durchaus keine fermentirenden Eigenschaften besass, so hielt ich sie für sehr geeignet die von *Cl. Bernard* ausgesprochene Behauptung zu bestätigen. Dieses ist denn auch vollkommen gelungen. Zwei Linsen des Hundes bewahrte ich in einer gut verstopften Flasche bei der Sommertemperatur vier Tage lang auf und fügte dann amylonhaltiges Wasser zu ihnen. Nachdem so die Flasche zwei Tage auf Eis gestanden, ward in der Flüssigkeit eine beträchtliche Menge Zucker gefunden.

Diese Erfahrungen warfen auf die früher mitgetheilten Beobachtungen über den Fermentgehalt verschiedener Organe ein neues Licht; jedenfalls war es jetzt nöthig die Beobachtungen mit besondern Vorsichtsmaassregeln von Neuem zu wiederholen.

Zu diesem Ende nahm ich die beiden m. gastrocnemii des Frosches, legte den einen so rasch wie möglich auf Eis, den andern dagegen bewahrte ich einige Stunden bei gewöhnlicher Temperatur auf. Darauf zerschnitt ich beide rasch in gröbere Stücke und legte jeden in ein Glas, welches Wasser und aufgequollenes Amylon enthielt. Nachdem beide Gläser einige Stunden im Eiskasten gestanden, lieferte die Flüssigkeit, in welcher der von Anfang an abgekühlte Muskel gelegen nur Spuren, die andre dagegen eine sehr reichliche Menge von Zucker. — Eine Modification des Verfahrens führte zu demselben Ergebniss. Durch die Aorta eines Frosches spritzte ich eine Kochsalzlösung von 0,7 p. c., welcher gekochtes Amylon beigemengt war. Nachdem das Blut ausgewaschen ward die Haut von den hintern Glied-

maassen abgezogen und die eine derselben auf Eis gelegt, während die andre über Nacht im Zimmer stehen blieb. Am andern Morgen reagirten die Muskeln der ersteren Extremität noch alkalisch, und in ihrem alkoholischen Extracte, das auf das sorgfältigste bereitet, abgedampft und dann wieder gelöst war, fand sich kein Zucker. Die Muskeln der Extremität dagegen, welche der Zimmerwärme ausgesetzt waren reagirten sauer, und durch Alkohol konnte ihnen eine sehr merkliche Menge von Zucker entzogen werden.

Ein ähnliches Resultat gab mir der Glaskörper. Ich brachte denselben unmittelbar aus dem Auge des obengedachten Thiers in Alkohol. Andern Tags ward der Alkohol durch Filtration und Verdampfung entfernt, der in Wasser wieder aufgequollene und gelöste Rückstand ward in amylonhaltigem Wasser vertheilt auf Eis gestellt. Nach mehreren Stunden enthielt auch jetzt die Flüssigkeit keinen Zucker.

Die zuerst erwähnten Versuche, in welchen bei gewöhnlicher Temperatur Organstückchen mit Wasser und aufgequollenem Amylon in Berührung kamen, gewinnen nach dem soeben Mitgetheilten eine wesentlich andere Bedeutung. Denn jetzt wird es wahrscheinlich, wenn nicht gewiss, dass das Ferment, welches bis dahin an den verschiedenen Orten als schon vorgebildet angenommen wurde, sich dort erst während der Versuche gebildet hat. Aber trotz dieser neuen Auffassung behalten sie ihren Werth, da es nicht ohne Bedeutung sein kann, dass sich unter sonst gleichen Bedingungen in den verschiedenen Organen desselben Thieres das Ferment entweder nicht mit gleicher Geschwindigkeit oder überhaupt in ungleicher Menge bildet.

Ueber die Spannung des Sauerstoffs der Blutscheiben.

Von

Jakob Worm Müller.

Mit 1 Tafel in Steindruck und 1 Holzschnitt.

---

§ 1.

Einleitung. Versuchsmethode.

Die Spannung des Sauerstoffs der Blutscheiben hat vor mir Professor *Frithjof Holmgreen* untersucht. *) Er brachte frisches faserstofffreies Blut in die untere luftleer gemachte Kugel der *Ludwig*'schen Quecksilberpumpe und liess dieses bei gleichbleibender Temperatur dort so lange verweilen, bis ein passend angebrachtes Manometer kein weiteres Wachsthum des Drucks in dem Verdunstungsraume anzeigte. Nachdem somit die Abdunstung der Gase aus dem Blute vollendet war, analysirte er einen Theil der ausgeschiedenen Luft und berechnete aus der gefundenen procentischen Zusammensetzung derselben und dem gesammten Druck der trocknen Gasmassen den Partiardruck des Sauerstoffs. Da dieser Druck die weitere Abscheidung von Sauerstoff aus dem Hämoglobin des Blutes verhindert hatte, so konnte er als das Maass für die Spannung des Blutsauerstoffs gelten. Diese Versuche wurden bei zwei verschiedenen Temperaturen (bei 20° und 40° C.) und mit verschiedenen Blutarten (Arterien-, Venen-, Erstickungsblut) ausgeführt.

Eine Wiederholung und Fortsetzung dieser nur beiläufig ausgeführten Arbeit erscheint aus mehrfachen Gründen von Belang. Zunächst weil es wichtig ist zu erfahren, ob die Spannung des Sauerstoffs im arteriellen Blute nicht über 20 Mm. Hg. hinausgehe, wie er gefunden. Aus dieser Zahl würden sich für

---

*) Wiener Sitzungsberichte Bd. 48. J. 1863. pag. 646—648.

den Vorgang der Respiration interessante Folgerungen ableiten lassen. Zweitens ist es wichtig genug genauer zu erfahren, welche Aenderung die Spannkraft des Sauerstoffs der Blutscheiben mit dem verschiedenen Gehalte derselben an Sauerstoff erleidet. Hierüber geben *Holmgreens* Versuche nur unvollkommene Aufschlüsse, weil die Gasmengen, welche die Blutarten enthielten, nicht bestimmt wurden.

Aus diesen Gründen schien mir eine Bestätigung und Ergänzung der Beobachtungen von *Holmgreen* wünschenswerth. Nach dem eben Erörterten hat die Untersuchung darauf hinauszugehen

die Abhängigkeit der Sauerstoffspannung von dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff — bei möglichst constanten Temperaturen und Barometerdrücken — zu ermitteln; es muss also in jedem Versuche ausser dem Partiardruck des Sauerstoffs in der Luft die Dichtigkeit des Sauerstoffs in der Gewichtseinheit der Scheiben bestimmt werden.

Zu diesem Zweck wählte ich folgende zwei Versuchsweisen:

I. **Es wurde sauerstoffarmes Blut mit beschränkten** (d. h. zur Sättigung unzureichenden) **Volumina sauerstoffreicher Luft** (atmosphärischer Luft) **geschüttelt**; es dringt dann aus der letzteren in das erstere Sauerstoff ein, bis das Gleichgewicht zwischen dem Sauerstoff des Blutes und dem Sauerstoff der Luft hergestellt worden ist.

II. **Es wurde sauerstoffreiches Blut mit Stickstoff** ebenfalls bis zur Abgleichung des O-Drucks **geschüttelt**. In diesem Falle, wo ein sauerstoffreiches Blut in eine sauerstoffarme Atmosphäre kommt, bewegt sich der Sauerstoff in entgegengesetzter Richtung, jedoch wiederum nur so lange, bis der Sauerstoffgehalt der Luft auf einen gewissen Werth gekommen ist.

Nach der vollständigen Ausgleichung des Drucks wurde der Sauerstoffgehalt des Blutes und der Luft bestimmt.

Um die Ausgleichung der O-Spannung bei constanten Temperaturen und Barometerdrücken herbeizuführen, mussten gegebene Volumina von Luft und Blut in einem abgeschlossenen Raume bis zur Herstellung des O-Gleichgewichts geschüttelt werden. Dies geschah in sämmtlichen Versuchen nach einer und derselben Methode, nämlich folgendermaassen.

Der Raum, in welchem der Sauerstoffgehalt der Luft und

Berichte d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. 1870.
Zur Abhandlung v. W. Müller.

Lith. '

des Blutes ausgeglichen wurde, befand sich in der auf der Tafel abgebildeten Flasche (*a*). Nahe über dem Boden derselben war die Tubulatur (*b*) eingelassen, welche durch einen sorgfältig eingeschliffenen Glaspfropf verschlossen werden konnte. Auf dem Hals (*c*) der Flasche (*a*) war ein ∽ förmiges Rohr mittelst einer an einem Ende befindlichen Erweiterung luftdicht aufgeschliffen; jenseits dieser Erweiterung bei *d* und *e* befanden sich in dem Rohre zwei sorgfältig gearbeitete Glashähne; das Röhrenstück, welches zwischen den beiden Hähnen liegt, ist beträchtlich weiter als dasjenige, welches sich vom Hahne *e* aus bis zum freien Ende erstreckt. Die Mündung dieses engen Rohrs konnte durch eine aufgebundene Kautschukröhre (*f*) und einen in sie eingesteckten Glaspfropfen luftdicht verschlossen werden. Um das Auseinanderweichen der einzelnen an einander gesteckten Stücke beim Schütteln zu vermeiden, wurden dieselben, in der Art wie es die Zeichnung sehen lässt, zusammengebunden.*) Diese Flasche sammt der ∽ förmigen Röhre wurden vor Beginn des Versuchs vollständig mit Quecksilber gefüllt und die beiden Hähne so gestellt, dass sie die Lichtung der Röhre abschlossen.

Nach dieser Vorbereitung wurde in die Flasche eine bekannte Menge von atmosphärischer Luft oder von Stickgas eingeführt. Dieses geschah von der Tubulatur *b* aus, die zu dem Ende unter Quecksilber getaucht wurde. War die Luft in sie übergeführt und nachträglich der Stopfen in der Tubulatur befestigt, so wurde die Flasche wieder auf den Tisch gestellt und der Hahn *d* geöffnet, damit sich das im weiten aufsteigenden Schenkel der ∽ Röhre befindliche Quecksilber gegen Luft austausche. Hiernach ward die Flasche geneigt, so dass das Quecksilber aus dem horizontalen und auch zum Theil aus dem absteigenden Schenkel der ∽ förmigen Röhre abfliessen und durch Luft ersetzt werden konnte. War dieses geschehen, so ward der Glaspfropf aus dem Kautschukröhrchen *f* gezogen, welches am freien Ende der Röhre aufgebunden war und der Hahn *e* ebenfalls geöffnet. Dieses geschah in der Absicht um die Luft, welche in den Apparat eingeführt war, unter den Barometerdruck zu bringen; insofern nun der Quecksilberstand in den beiden nebeneinander liegenden Röhrenschenkeln ein ungleicher

*) Auch der Glasstopfen ward vor dem Schütteln fest an die Tubulatur (*b*) gebunden.

war, wurde von Seiten der freien Röhrenmündung mittelst einer Pipette so lange Quecksilber entfernt oder zugefügt bis der Quecksilberspiegel beiderseits gleich hoch stand. War dieses erreicht, so wurde der Hahn *e* geschlossen, die Luft aus dem röhrenförmigen Theil des Apparats in die Flasche zurückgeführt und dann auch der Hahn *d* geschlossen.

War alles dieses beendigt, so ward zur Gewinnung des Blutes geschritten, das gewöhnlich grossen Hunden entnommen wurde. Je nach der Aufgabe des vorzunehmenden Versuches ward Arterien-, Venen- oder Erstickungsblut, und zwar unmittelbar aus der Ader über Quecksilber aufgefangen, wobei das von *Al. Schmidt* beschriebene Verfahren *) angewendet wurde; das in die Sammelröhre eingetretene Blut ward sogleich durch Schütteln mit Quecksilber defibrinirt. In allen Fällen musste die abgezogene Blutmenge gross genug sein um Material für die drei folgenden Operationen zu liefern. Ein Theil desselben sollte in die lufthaltige Flasche eingeführt und dort geschüttelt werden, ein zweiter sollte unverändert in zwei Recipienten der Gaspumpe gelangen, um in letzterer entgast zu werden; ein dritter Theil endlich sollte bis zur **vollen** Sättigung mit Sauerstoff in atmosphärischer Luft geschüttelt und dann ebenfalls behufs der spätern Auspumpung in zwei Recipienten übergeleitet werden.

Die Ueberführung eines abgemessenen Volums des faserstofffreien Blutes aus der Sammelröhre in die Flasche geschah unter Quecksilber durch die Tubulatur *b*. Nachdem das Blut- und Luftquantum miteinander geschüttelt worden, wurde noch einmal der Druck im Innern der Flasche mit dem der Atmosphäre in das Gleichgewicht gesetzt, wobei die Griffe in Anwendung kamen, die ich soeben beschrieben. Nach der Herstellung dieser Druckgleichheit wurden die beiden Hähne wieder geschlossen, das enge Rohr mit Quecksilber vollständig ausgefüllt und seine freie Mündung luftdicht verstopft; dann ward die Flasche umgekehrt und in dieser Stellung so lange festgehalten, bis Luft und Blut gegen den breiten Boden der Flasche empor gestiegen waren. Hierauf ward der Hahn (*d*) vorsichtig eröffnet und sämmtliche Luft, welche der röhrenförmige Theil des Apparats enthielt, wieder in die Flasche zurückgeführt, wobei sich die Röhren wieder vollständig mit Quecksilber füllten. Hierauf

*) Arbeiten aus der phys. Anstalt zu Leipzig; zweiter Jahrgang 1867. Leipzig 1868. S. 32.

wurde die Flasche bis zu einer halben Stunde lang anhaltend und stark geschüttelt, so dass sich die Luft im Blute unter Bildung eines feinen Schaumes vertheilte.

Die Abmessung des Blutes unter Quecksilber wurde vermittelst des Apparates bewirkt, den der beistehende Holzschnitt wiedergiebt. *a* stellt die Sammelröhre vor, in welcher das aus der Ader gelassene und dort defibrinirte Blut enthalten ist; auf das obere Ende derselben ist ein T-Rohr aufgebunden. Der horizontale Schenkel des letzteren *d* mündet in ein Kautschukrohr, das in den Trichter *e* ausläuft. Der vertikale Schenkel des T-Rohres setzt sich dagegen durch ein Kautschukrohr in die calibrirte Kugel *f* fort, und diese geht ihrerseits in das calibrirte Glasröhrchen *g* über. Zwischen *a* und *c* und *c* und *e* findet sich je eine Schraubenklemme *b* und *d*. Der Apparat ist in der Weise wie es die Zeichnung angiebt in einen Halter eingespannt. Der Gebrauch dieser Vorrichtung ist sehr einfach. Zuerst füllt man, während die Klemme *b* geschlossen ist, von dem Trichter *e* aus das T-förmige Stück *ec*, die Kugel *f* und das Rohr *g* mit Quecksilber an. Nachdem dieses geschehen schliesst man die Klemme *d* und öffnet *b*. In Folge hiervon sinkt das Quecksilber aus *f* in *a* und statt dessen dringt Blut in die Kugel; durch vorsichtige Regulirung der Klemme *b* kann man mit dem Austausche des Blutes gegen Quecksilber an jedem beliebigen Punkte innehalten, also auch an einer Marke, die am untern Halse der Kugel angebracht ist. Ist die Kugel mit Blut gefüllt, so schliesst man die Klemme *b* und öffnet *d*. Das im Trichter vorhandene Quecksilber drängt dann den Inhalt der Kugel durch das Röhrchen *g* aus und zwar in das Gefäss, welches vor seiner freien Mündung angebracht ist. Da sich hierbei der blutige Inhalt des Röhrchens *a* nicht durch die freie Mündung desselben entleert, so muss man, um das übergeführte Maass zu kennen, den Inhalt des Röhrchens von dem der Kugel abrechnen.

Nach Beendigung des Schüttelns ward die Flasche auf ihren breiten Boden gestellt und dort so lange sich selbst überlassen bis sich ein grosser Theil der Luft aus dem Schaume wiederum zu einer grösseren zusammenhängenden Luftmasse unter dem Hahne (*d*) gesammelt hatte. Wenn dieses geschehen war, so wurde der Hahn (*d*) vorsichtig eröffnet, so dass die Luft in die Röhre emporsteigen konnte; mit der Einführung von Luft in die röhrenförmigen Stücke ward so länge fortgefahren, bis dieselbe wiederum in den absteigenden Manometer-Schenkel und zwar bis zum oberen Drittel gelangt war; dann wurde von der freien Mündung des engen Manometerstücks der Glaspfropf entfernt und aus dem Rohr so lange Quecksilber abgehoben, bis sein Spiegel in gleicher Höhe mit dem des weiten Rohres stand. Hierauf ward der Hahn (*e*) eröffnet. Je nachdem sich nun während des vorhergehenden Schüttelns die Luft in der Flasche vermehrt oder vermindert hätte, wurde auch der Quecksilberstand im engen Rohr erhöht oder erniedrigt gefunden. Welche Veränderung aber auch durch das Schütteln eingetreten war, in jedem Fall ward sie durch Einfüllen oder Ausheben von Quecksilber wieder ausgeglichen, so dass schliesslich die in der Flasche enthaltene Luft wieder unter den Barometerdruck gestellt wurde.

War die Ausgleichung geschehen, so wurde mit Hülfe der vorhin beschriebenen Handgriffe die Luft aus dem Manometer in die Flasche zurückgeführt und das Schütteln von Neuem begonnen. Der Wechsel von Schütteln der Luft mit dem Blute und das Ausgleichen der in der Flasche vorhandenen Luft mit dem Druck der Atmosphäre ward noch öfter wiederholt und zwar so lange, bis bei mindestens zwei aufeinander folgenden Prüfungen kein Unterschied zwischen dem Druck der Atmosphäre und demjenigen der geschüttelten Luft mehr bemerkt werden konnte. Bei sorgfältiger Ausführung dieses Verfahrens war zu erwarten, dass die Gase des Blutes sich mit denen des Luftraumes der Flasche und zwar unter dem Atmosphärendruck ausgeglichen hatten.

Gegen den soeben gethanen Ausspruch über die Ausgleichung des Druckes könnte man einen Zweifel zu erheben geneigt sein, der insbesondere dann eine Berücksichtigung verdiente, wenn sauerstoffarmes Blut mit atmosphärischer Luft geschüttelt worden war. Aus bekannten Gründen wird der Gasaustausch zwischen sauerstoffarmen Blut und sauerstoffhaltiger

Luft eine doppelte Richtung annehmen. Aus dem Luftraume wird Sauerstoff in das Blut und aus dem letzteren Kohlensäure in die Luft dringen. Nun lässt sich von vornherein nichts gegen die Möglichkeit einwenden, dass die in entgegengesetzter Richtung bewegten Gasvolumina gleich gross gewesen seien und unter dieser Voraussetzung würde aus der Unveränderlichkeit des Druckes der geschüttelten Luft kein Kennzeichen für die Ausgleichung zu entnehmen gewesen sein. Der Verlauf in den wirklich ausgeführten Versuchen bestätigte jedoch die vorausgesetzte Möglichkeit nicht. Nach dem ersten Schütteln zeigte sich in der Regel dass die Aufnahme überwiegend über die Abgabe gewesen war, während beim späteren Schütteln früher oder später das Umgekehrte eintrat. Hält man diese Erfahrung, dass die aufgenommenen und ausgeschiedenen Gasvolumina sich keineswegs das Gleichgewicht halten mit der Ueberlegung zusammen, dass der Ausgleichungs-Process zwischen beschränkten Mengen von Gasen im Luftraum und im Blute auch eine nur beschränkte Zeitdauer in Anspruch nehmen müsse, so dürfte man zu der Ueberzeugung kommen, dass der bei wiederholtem Schütteln gleichgebliebene Druck als ein Beweis für die zum mindesten annähernd stattgefundene Ausgleichung gelten dürfe.

In den Fällen, in welchen reines Stickgas in die Flasche eingeführt war, ist die Unveränderlichkeit des Druckes der geschüttelten Luft noch viel mehr als ein Kennzeichen vollkommener Ausgleichung anzusehen, denn hier geht, abgesehen von einer jedenfalls sehr geringen Stickstoffbewegung, der Gasstrom nur in der Richtung vom Blute zur Luft. Aus diesem Grunde hätte es vortheilhafter erscheinen können, die Versuche ausschliesslich mit Hülfe des Stickgases auszuführen. Der Grund, warum ich dies unterlassen, war ein zweifacher; erstens werden durch die Anwendungen dieses Gases die Versuche öfter sehr in die Länge gezogen, da ich wiederholt sah, dass die Blasen, welche dieses Gas innerhalb des Blutes bildet, sehr viel langsamer zusammenfliessen als die, welche bei ursprünglicher Anwesenheit von Sauerstoff entstehen; zweitens aber legte ich aus Umständen, welche später erwähnt werden sollen, einen Werth darauf, festzustellen, ob die Erscheinungen welche beim Eindringen des Sauerstoffs in die Blutscheiben zu beobachten sind, mit denjenigen übereinstimmen, welche man beim Austritt dieses Gases aus den genannten Formbestandtheilen gewahrt.

Da das Schütteln der Flasche in freier Luft vorgenommen wurde, so war anzunehmen, dass die gerade vorhandene Luftwärme auch innerhalb der Flasche geherrscht habe. In der That konnte dieselbe nur deshalb um ein unbedeutendes höher gewesen sein, weil sich von der bewegenden Hand aus die Flasche und ihr Inhalt etwas erwärmt hatten. Diesem geringen Zuwachs war aber jedesmal zum Wiederverschwinden reichliche Gelegenheit geboten wenn die Flasche zum mindesten eine halbe Stunde lang nach jeder Schüttelperiode ruhig dastand, um dem feinblasigen Schaum für das Zusammentreten zu grössern Blasen Zeit zu lassen. — Bei den an und für sich grossen Gewichten der Flasche war es unmöglich der letztern auch noch einen constant temperirten Wassermantel zuzufügen, vorausgesetzt dass das Schütteln durch die Hand geschehen sollte. Diese Vorsichtsmaassregel, welche für eine methodische Untersuchung über den Einfluss der Temperatur auf die Sauerstoffspannung unerlässlich ist, würde wie ich glaube nur dann anwendbar sein, wenn man das Schütteln einer Maschine übertrüge.

Nachdem die über dem Blute stehenden und die in ihm vorhandenen Gase ihren Druck ausgeglichen, wird der Partiardruck des O in dem Luftraume dadurch aufgesucht, dass man die procentische Zusammensetzung des geschüttelten Gasgemisches bestimmt. Dieses letztere geschieht nach bekannten Regeln, wenn das Gas aus der Schüttelflasche in die Absorptionsröhren übergeführt ist. Bei der Trennung des Gases vom Blute hat man darauf zu achten, dass der Druck der Luft während dieses geschieht derselbe bleibt, weil sich sonst ihre Zusammensetzung ändern würde. Um nun die Trennung von Blut und Gas dieser Forderung gemäss auszuführen genügt es, einen Theil der Luft mit schon beschriebenen Vorsichten in die röhrenförmigen Stücke des Apparates einzuführen und sie von dort nach Schliessung des Hahnes *c* in die Messglocken überzufüllen.

Endlich war noch übrig, die Dichtigkeit des Sauerstoffs im Hämoglobin des geschüttelten Blutes zu bestimmen. Hiezu gehört die Kenntniss von dem Procentgehalte des Sauerstoffs und des Hämoglobins im geschüttelten Blute. Da der letztere Bestandtheil nicht unmittelbar ausgewerthet werden kann, so ist man darauf angewiesen eine Grösse zu bestimmen, von der mit Sicherheit anzunehmen ist, dass sie mit dem Hämoglobin in geradem Verhältnisse veränderlich sei. Hiezu bot sich als nächst-

liegendes Mittel die Bestimmung des Sauerstoffs selbst dar, der vor andern, z. B. der Färbekraft, den Vortheil hat, dass seine Menge in bestimmt anzugebenden Zahlen auszudrücken ist. — Nach dem Entschlusse das Hämoglobin durch ein von ihm gebundenes O-Volum zu bestimmen, ward das Verfahren für die Ermittelung der O-Dichtigkeit im geschüttelten Blute folgendes. Ausser den Blutproben, welche in den abgeschlossenen Raum kamen, um dort ihre O-Spannung auszugleichen, wurde, wie bereits früher erwähnt, noch eine andere grössere Portion desselben Blutes mit atmosphär. Luft sehr anhaltend geschüttelt, so dass man eine volle Sättigung seines Hämoglobins mit O annehmen konnte. Aus zwei Proben dieses Blutes wurden die Gase ausgepumpt und analysirt. — Dasselbe geschah mit dem Blute, welches im abgeschlossenen Raume seine Sauerstoffspannung mit der in der überstehenden Luft vorhandenen ausgeglichen hatte. Hiernach erhielt ich zwei procentische O-Werthe, einen für die **volle** Sättigung des Blutes, und einen andern für die **theilweise** dem Partiardruck des Sauerstoffs in dem abgeschlossenen Luftraum entsprechenden. Nennen wir den ersten die totale Sättigung bezeichnenden Werth t, den zweiten die partiale ausdrückenden p, so ist der Quotient $\frac{p}{t}$ der Ausdruck für die relative Sättigung des Blutes mit Sauerstoff; insofern aber t dem Hämoglobingehalt des Blutes direct proportional ist, so wird der Quotient auch ein Maass für die Dichtigkeit des O's in dem Hämoglobin, beziehungsweise für den Antheil der Blutscheiben, welche vollkommen durch Sauerstoff gesättigt sind. — Dieses Verfahren gewährt den Vortheil, die aus verschiedenen Thieren genommenen und mit sehr grossen Abweichungen des Hämoglobingehaltes begabten Blutarten unmittelbar vergleichbar zu machen. Ohne dieses wäre man immer darauf angewiesen gewesen, dasselbe Blut mit verschiedenem Sauerstoffgehalt dem Ausgleichungsversuche zu unterwerfen, wodurch die an und für sich mühselige Reihe der Beobachtungen nur noch weiter erschwert worden wäre.

Einen Einwurf den man gegen die beschriebene Bestimmungsweise der Sauerstoffdichtigkeit daraus hernehmen wollte, dass sie den im Serum des Blutes enthaltenen Sauerstoff vernachlässige, halte ich für unbegründet. Denn im gesättigten Hämoglobin kommen auf 1 Gewichtstheil desselben 1.3 Vol. O bei 0° und 1 Mt. Hg gemessen, auf ein Thl. Serum dagegen selbst bei

der niedrigsten Temperatur meiner Versuche (14° C.) nur 0.0047 Vol. O (bei 0° und 1 Mt. Hg gemessen), vorausgesetzt dass dasselbe bei 0.158 Mt. Hg*) mit Sauerstoff gesättigt sei und dass wir den Absorptionscoëfficienten des Serums für O gleich dem des Wassers annehmen. Waren also z. B. 12 Theile Hämoglobin und 75 Thl. Serum in 100 Thl. Blut, so würden von den in ihm bei voller Sättigung vorhandenen 15.8 Vol. Sauerstoff (bei 0° und 1 Mt. Hg) höchstens 0.35 Vol. auf das Serum fallen, so dass in dem oben erwähnten Quotienten der Nenner statt des verwendeten Werthes 15.8 in der That hätte 15.45 sein müssen. Um diesem Fehler zu entgehen hätte man sich wohl zu einer leicht anzubringenden Correctur entschliessen können. Aber auch diese hielt ich nicht für nothwendig, da es hier nur auf vergleichbare Resultate ankam. Würden also zwei von verschiedenen Thieren herrührende Blutsorten, die beide mit O gesättigt sind, unter einander verglichen, so käme nur der Werth des O's in Frage, der dem Serumantheil angehört hätte, um welchen die beiden Blutarten von einander verschieden gewesen. Diese O-Menge würde aber weit unter die analytischen Fehlergrenzen fallen. Wenn aber schon der Sauerstoff des Serums nicht mehr in Betracht kommt, welches durch Schütteln bei 0.75 Mt. Hg. Barometerstand gesättigt ist, so fällt selbstverständlich derjenige ganz ausser Frage, welcher in dem Serum enthalten ist, das unter einem Partiardruck von nur 0.02 bis 0.03 Mtr. Druck gesättigt wurde.

Wichtiger für die Bildung des Ausdruckes $\frac{p}{t}$ scheint mir die Hervorhebung eines andern hier in Betracht kommenden Umstandes. In der That scheint man bisher nicht darauf geachtet zu haben, dass man nur durch sehr anhaltendes und sorgfältiges Schütteln dahin gelangen kann, das Blut bis zu dem Maximum seines Sauerstoffgehaltes zu bringen. So rasch ein sauerstoffarmes Blut bis zur arteriellen Röthung durch Schütteln mit atmosphärischer Luft gebracht werden kann, so langsam erreicht es von da ab die vollkommene Sättigung. Dieses letztere ereignet sich namentlich dann, wenn man das Blut statt nur mit Luft in einer Flasche schüttelt, die ausserdem auch noch Quecksilber enthält. In den später mitzutheilenden Zahlen

*) Gleich dem Partiardruck des O in atmosphärischer Luft bei 0.75 Mt. Barometerstand.

habe ich mehrmals eines Blutes gedacht, in welchem 2 Portionen jedesmal gleich lange, das eine Mal nur mit Luft, das andere Mal dagegen mit Luft und Quecksilber geschüttelt waren. Man wird bemerken, dass die erstere Portion stets sauerstoffreicher als die letztere ist. — Um also der Sättigung sicher zu sein habe ich das Blut mindestens 1/2 Stunde mit wiederholt erneuerter Luft geschüttelt.

Ich komme nun zur Betrachtung der Genauigkeit, welche meine Versuche beanspruchen. — Die Fehler, welche bei der Bestimmung des Partiardruckes des Sauerstoffs in dem Luftraum begangen werden können, sind in den Grenzen eingeschlossen, welche durch die Gasanalyse überhaupt gezogen werden, vorausgesetzt natürlich, dass die Ausgleichung zwischen dem Sauerstoff des Blutes und der Luft eine vollkommene gewesen ist. Ueber diesen letzteren Punct kann ich dem Leser keine andere Garantie bieten, als die welche in der genauen Befolgung der auf S. 356 angegebenen Maassregeln liegen. Ueber den ersteren, die Genauigkeit der Gasanalyse, gewähren dagegen die vorliegenden Zahlen eine Auskunft, da jedesmal von demselben Gasgemische zwei Analysen ausgeführt wurden. Die Procentzahlen des Sauerstoffs weichen, einen Fall ausgenommen, nicht über 0.2 von einander ab, in der Regel aber sind die Unterschiede noch kleiner. Ein Unterschied im Procentgehalte von 0.2 entspricht aber bei einem Barometerstand von 750 Millimeter einem Werthe des Partiardrucks von 1.5 Millimeter und dieser würde somit das Maximum des Fehlers darstellen, welcher dem Partiardruck anhaften könnte.

Für den Fehler der relativen Sättigung des Blutes mit Sauerstoff kommen in Betracht die Analysen der Gase zweier verschiedenen Blutsorten, nämlich diejenigen des vollkommen und die des unvollkommen gesättigten Blutes. Die Doppelanalysen, welche von jeder einzelnen der beiden Sorten vorliegen, zeigen, dass auch hier der analytische Fehler denjenigen des Sättigungsgrades niemals über die Grenze von einigen 0.01 emportreiben kann, so dass von dieser Seite die erste Zahl des Decimalbruches, welcher die Sättigung angiebt, als vollkommen gesichert anzusehen ist. Ein Einwurf könnte gegen sie nur aus dem Umstande erhoben werden, dass sich das Blut in der Zeit, die zwischen dem Versuche und der Auspumpung liegt, verändert habe. Dieser Bemerkung wäre zu entgegnen, dass es sich mit dieser Annahme schwer

vereinigen lässt, warum zwei verschiedene Proben desselben Blutes, wenn sie nur sonst gleich behandelt sind, so sehr übereinstimmende Gasmengen geliefert haben, trotzdem dass die beiden Proben doch auch in merklichen Zeitabständen von einander ausgepumpt wurden. Die Uebereinstimmung beweist die schon von anderen Beobachtern festgestellte Thatsache, dass sich das Blut während seines Aufenthaltes in Eis nur äusserst langsam ändert.

In Folge dieser Auseinandersetzung halte ich mich zu der Annahme berechtigt, dass die Schuld nicht an den analytischen Fehlern liegen kann, wenn das Blut zweier verschiedener Versuchsthiere einen bis auf ein 0.1 übereinstimmenden Sättigungsgrad besitzt, und wenn trotzdem ihre Sauerstoffspannungen um mehr als zwei Millimeter von einander abweichen; wo dieses geschieht müssen andere Gründe vorhanden sein, welche ausserhalb der analytischen Fehler liegen.

§ 2.

Versuche mit dem Blute.

Von den Versuchen, welche ich ausgeführt habe, theile ich **zuerst diejenigen mit, in welchen das Blut mit sauerstoffhaltiger Luft geschüttelt** war. Sie werden, ohne dass ich weitere Bemerkungen hinzuzufügen nöthig hätte, verständlich sein. Nur eine Auskunft möchte ich nicht unterlassen. Die Daten, welche in den Versuchen mitgetheilt werden, genügen scheinbar, um eine Rechnung anzustellen, durch welche das Resultat der Analyse controlirt werden könnte. Unter den mitgetheilten Zahlen findet sich nämlich auch die Angabe der angewendeten Volumina von Luft und Blut, und öfter auch die Zusammensetzung der Luft und der in dem Blut enthaltenen Gase vor und nach dem Schütteln. Somit könnte man berechnen wollen, wie viel Sauerstoff jedesmal das Blut gewonnen und wie viel von diesem Gas die Luft verloren hat, damit man aus dem Grade der Uebereinstimmung, welche diese auf verschiedenen Wegen gewonnenen Rechnungsresultate darböten, ein weiteres Urtheil über die Genauigkeit der analytischen Handgriffe fällen könnte. Diese Rechnung würde ich nicht unterlassen haben, wenn die Abmessung der in den Apparat gefüllten Volumina mehr als eine nur approximative gewesen wäre. Bei einer Genauigkeit dieser Maasse, welche vielleicht um 1—2 Cubikcentimeter schwankt, verliert jedoch die vorgeschlagene Controle ihre Bedeutung.

1.

Volum der geschüttelten atmosph. Luft bei 0° C. u. 1 Mtr. Hgdruck = 31.2 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 178 Cb.C.
Barometerstand 0.756 Mtr. Temperatur 21.2° C.

1. Gase des in den Apparat eingefüllten Blutes in 100 Thl. O 1.23 CO_2 46.51 N 1.43
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » » *a.* O 14.57 CO_2 16.27 N 2.76
   b. O 14.11 CO_2 16.69 N 2.28
3. Gase des aus dem Apparate genommenen Blutes in 100 Thl. *a.* O 4.83 CO_2 45.05 N 1.61
   b. O 4.77 CO_2 44.56 N 2.14

Luft des Apparates nach dem Schütteln *a.* O 1.09 CO_2 6.66
   b. O 1.05 CO_2 6.21

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes = 0.33.
O-Druck dieses Blutes = 8.1 Mm.

2.

Volum der geschütt. atmosph. Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck = 31.3 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes = 109 Cb.C.
Barometerstand 0.752 Mtr. Temp. 23.5° C.

1. Gase des in den App. eingefüllten Blutes in 100 Th. O 2.51 CO_2 41.64 N 1.19
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » » *a.* O 17.27 CO_2 16.33 N 1.56
   länger als *a.* geschüttelt » » *b.* O 16.82 CO_2 14.92 N 1.65
3. Gase d. aus d. App. genommenen Blutes » » *a.* O 6.81 CO_2 38.55 N 1.75
   b. O 6.81 CO_2 39.77 N 1.31

Luft des App. nach d. Schütteln » » *a.* O 2.04 CO_2 6.86
   b. O 2.04 CO_2 6.76

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.40.
O-Druck dieses Blutes = 15.3 Mm.

3.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg = 40.1 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.755. Temperatur 24.2° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th. O 2.26 CO_2 33.99 N 1.93
2. Gase des mit O gesätt. Blutes » » *a.* O 17.17 CO_2 15.03 N 1.62
   b. O 17.10 CO_2 11.38 N 1.46
3. Gase des aus d. App. genommenen Blutes in 100 Th. *a.* O 7.77 CO_2 32.22 N 1.61
   b. O 7.45 CO_2 31.98 N 1.72

Luft des App. nach d. Schütteln » » *a.* O 3.17 CO_2 7.18
   b. O 3.00 CO_2 6.74

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.44.
O-Druck dieses Blutes 23.3 Mm. Hg.

4.

Volum der atmosphär. Luft bei 0° C. u. 1 Mtr. Hgdruck 17.50 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.746 Mtr. Temperatur 19.2° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th. O 4.49 CO_2 33.73 N 1.07
2. Gase des mit O gesättigten Blutes in 100 Th. O 16.27 CO_2 15.65 N 2.33
3. Gase d. aus d. App. genomm. Blutes » O 11.39 CO_2 31.67 N 1.47
O 11.47 CO_2 31.26 N 1.78

Luft des App. nach dem Schütteln » *a.* O 3.70 CO_2 4.95
b. O 3.68 CO_2 4.80

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.69.
O-Druck dieses Blutes 27.5 Mm. Hg.

5.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Druck 54.7 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 109 Cb.C.
Barometerstand 0.754 Mtr. Temperatur 17.2° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th. O 3.24 CO_2 37.14 N 1.50
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » O 16.41 CO_2 15.05 N 1.56
3. Gase d. aus d. Apparat gen. Blutes » *a.* O 12.26 CO_2 35.57 N 1.72
b. O 12.34 CO_2 35.49 N 1.60

Luft des App. nach dem Schütteln » O 2.54 CO_2 4.53
O 2.34 CO_2 4.86

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 18.4.

6.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Druck 46.6 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.753 Mtr. Temperatur 14.7° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th. O 0.08 CO_2 45.05 N 1.30
2. Gase des mit O gesättigten Blutes » O 10.86 CO_2 30.36 N 1.71
3. Gase des aus d. App. gen. Blutes » *a.* O 8.09 CO_2 43.18 N 1.80
b. O 8.23 CO_2 42.60 N 1.70

Luft des App. nach dem Schütteln » *a.* O 3.20 CO_2 4.67
b. O 3.39 CO_2 4.47

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 24.8 Mm. Hg.

7.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 58.0 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.747 Mtr. Temperatur 18.3° C.

1. Gase des eingefüllten Blutes in 100 Th.	O 4.99	CO_2 42.87	N 1.46
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »	O 14.54	CO_2 23.77	N 1.39
3. Gase des aus d. App. gen. Blutes »	O 14.26	CO_2 38.98	N 1.59
Luft des App. nach d. Schütteln »	*a.* O 6.33	CO_2 3.92	
	b. O 6.28	CO_2 4.93	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.98.
O-Druck dieses Blutes 47.0 Mm.

Da in dieser Beobachtung die O-Gehalte des gesättigten und des im abgeschlossenen Raume geschüttelten Blutes einander gleich sind, so liegt kein Beweis dafür vor, dass die O-Spannung des Schüttelraumes sich gerade mit der des Blutes ausgeglichen habe. Die Beobachtung ist nur insofern beachtenswerth, als sie eine Grenze giebt, über welche hinaus die O-Spannung des vollkommen gesättigten Blutes gewiss nicht steigen kann. Selbstverständlich ist sie in den folgenden Zusammenstellungen nicht weiter benutzt.

8.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0°C. u. 1 Mtr. Hg-Druck 68.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.745. Temperatur 18° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Th.	O 1.03	CO_2 41.74	N 1.41
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »			
mit Luft allein geschüttelt »	*a.* O 15.47	CO_2 23.23	N 1.35
mit Hg u. Luft geschüttelt »	*b.* O 13.27	CO_2 28.54	N 1.58*)
3. Gase d. aus d. App. genomm. Blutes »	*a.* O 13.15	CO_2 39.11	N 1.77
	b. O 12.73	CO_2 40.02	N 1.68
Luft des App. nach dem Schütteln »	*a.* O 4.60	CO_2 4.89	
	b. O 4.20	CO_2 5.86	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.87 oder 0.82,
O-Druck dieses Blutes 32.8 Mm. Hg.

---

*) Aus dem grössern CO_2 und dem kleinern O-Gehalte scheint hervorzugehen, dass diese Blutprobe *b.* weniger gut ausgeglichen ist als die *a.* Sie wird desshalb nicht zur Bildung abgeleiteter Zahlen benutzt.

9.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg. 66.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.755. Temperatur 14.9° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen		O 1.50	CO_2 43.21	N 1.26
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »				
mit Luft u. Hg geschüttelt		O 17.57	CO_2 22.22	N 1.45
mit Luft allein geschüttelt		O 19.00	CO_2 18.28	N 1.38
3. Gase d. aus d. App. gen. Blutes in 100 Th.	*a.*	O 12.95	CO_2 39.08	N 1.78
	b.	O 14.40	CO_2 39.61	N 1.38
Luft des Apparates nach dem Schütteln »		O 2.79	CO_2 5.18	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.74.
O-Druck dieses Blutes 21.0 Mm. Hg.

10.

Volum des Gemenges aus atmosphärischer Luft und N bei 0° u. 1 Mtr. Hg 25.19 Cb.C. (13.54 pc. O).
Volum des geschüttelten Blutes 132 Cb.C.
Barometerstand 0.756. Temperatur 19.3° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen		O 0.14	CO_2 40.83	N 1.51
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »		O 16.32	CO_2 16.41	N 1.60
3. Gase des aus d. App. genomm. Blutes »		O 1.21	CO_2 40.26	N 1.89
Luft des App. nach dem Schütteln »	*a.*	O 0.47	CO_2 4.85	
	b.	O 0.36	CO_2 4.35	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.07.
O-Druck dieses Blutes 3 Mm. Hg.

11.

Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 29.0 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 86 Cb.C.
Barometerstand 0.762. Temperatur 14.9° C.

1. Gase des eingeführten Blutes in 100 Th.		O 0.48	CO_2 39.67 *)	N 3.25
nach 24st. Liegen in Eis		O 0.13	CO_2 41.14	N 1.29
2. Gase des mit O gesättigten Blutes »	*a.*	O 11.02	CO_2 24.99	N 1.89
24 Stdn. später nach Liegen in Eis gesätt. (zur relativen Sättigung)	*b.*	O 10.67	CO_2 21.96	N 1.68
idem aber mit Luft und Hg	*c.*	O 9.96	CO_2 23.41	N 1.89
3. Gase des aus dem App. genomm. Blutes	*a.*	O 5.16	CO_2 40.18	N 1.82
	b.	O 5.21	CO_2 39.99	N 1.88
Luft des App. nach dem Schütteln in 100 Th.		O 2.98	CO_2 5.33	

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.49.
O-Druck dieses Blutes 22.7.

---

*) Nicht alle CO_2 absorbirt?

12.a

A.[1] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 27.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 69 Cb.C.
Barometerstand 0.749. Temperatur 14.4.
Gase des eingeführten Bluts in 100 Theilen O 1.62 CO_2 40.98 N 1.44
O 1.74 CO_2 40.74 N 1.56
Gase des mit O gesättigten Blutes » O 21.76 CO_2 20.11 N 3.12
Gase des aus d. App. gen. Blutes » O 8.72 CO_2 37.80 N 1.61
Luft des App. nach dem Schütteln » O 0.7 CO_2 6.03
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.40.
O-Druck dieses Blutes 5 Mm.

A.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 44.2 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 63 Cb.C.
Barometerstand 0.748. Temperatur 14.4° C,
Gase des eingeführten und mit O gesättigten Blutes wie oben.
Gase des aus dem App. genommenen Blutes O 16.22 CO_2 37.91 N 0.96
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th. O 2.31 CO_2 5.02
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.75.
O-Druck dieses Blutes 17 Mm. Hg.

12.b

Dasselbe Blut, vier Tage an Eis aufbewahrt.

B.[1] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 31.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 63 Cb.C.
Barometerstand 0.759. Temperatur 16.8° C.
Gase des eingeführten Blutes in 100 Theilen O 1.29 CO_2 41.57 N 1.74
O 1.16 CO_2 41.89 N 1.57
Gase des mit O gesättigten Blutes » O 21.12 CO_2 29.48 N 2.27
mit Luft und Hg geschüttelt O 19.36 CO_2 21.16 N 2.99
Gase des aus d. App. gen. Blutes in 100 Th. O 9.86 CO_2 39.61 N 2.32
Luft des App. nach dem Schütteln » O 1.91 CO_2 5.60
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.47.
O-Druck dieses Blutes 14.5 Mm.

B.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 35.6 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 63 Cb.C.
Barometerstand 0.759. Temperatur 16.8° C.
Gase des eingeführten und mit O gesättigten Blutes wie oben.
Gase des aus dem App. genomm. Blutes O 10.71 CO_2 38.63 N 2.44
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th. O 1.72 CO_2 6.00
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.51
O-Druck dieses Blutes 13.1.

14.

A.[2] Volum der atmosphärischen Luft bei 0° u. 1 Mtr. Hg-Druck 28.8 Cb C.
Volum des geschüttelten Blutes 87 Cb.C.
Barometerstand 0.754. Temperatur zwischen 20.8° bis 21° C.
Gase des eingeführten Blutes in 100 Th. O 4.44 CO_2 14.20 N 2.03
Gase des mit O gesättigten Blutes » O 14.38 CO_2 33.69 N 1.71
Gase des geschüttelten Blutes » O 8.85 CO_2 36.87 N 1.53
folgenden Tag ausgept., etwas Schaum O 8.50 CO_2 37.57 N 4.82
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th. O 3.59 CO_2 2.98
Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.62.
O-Druck dieses Blutes 24.8.

Um für unseren Zweck die Ergebnisse der Versuche übersichtlicher zu machen, werde ich eine Zusammenstellung derselben geben, in welcher sie nach dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff geordnet sind.

Nummer des Versuchs	O-Gehalt des gesättigten Blutes	O-Gehalt des geschüttelten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des überstehenden Sauerstoffs	Temperatur
10	16.32	1.21	0.07	3 Mm.	19.3° C.
1	14.34	4.80	0.33	8.1	21.2
2	17.27	6.81	0.40	15.3	23.5
12 A[1]	21.76	8.72	0.40	5.0	14.4
3	17.14	7.61	0.44	23.3	24.2
12 B[1]	21.12	9.86	0.47	14.5	16.8
11	10.67	5.23	0.49	22.7	14.9
12 B[2]	21.12	10.71	0.51	13.1	16.8
14 A[2]	14.38	8.85	0.62	24.8	20.9
4	16.27	11.28	0.69	27.5	19.2
9	19.00	14.03	0.74	21.0	14.9
5	16.41	12.30	0.75	18.4	17.2
6	10.86	8.16	0.75	24.8	14.7
12 A[2]	21.76	16.22	0.75	17.0	14.4
8	15.17	12.94	0.87	32.8	18.0

Aus diesen Zahlen geht hervor:

1. dass keine vollkommene Sättigung des Blutes mit Sauerstoff eintritt, wenn der Sauerstoffdruck unter 20—30 Millimeter sinkt;

2. dass beim weiteren Sinken des Sauerstoffdrucks die Sättigung des Blutes mit Sauerstoff geringer wird;

3. dass die Druckwerthe des Sauerstoffs der Luft, welche einem und demselben Sättigungsgrad entsprechen, mit der Steigerung der Temperatur zunehmen.

Die Ergebnisse 2. und 3. sind aber ganz inconstant und unregelmässig. Vergleicht man nämlich die einzelnen Zahlenreihen genauer mit einander, so gewahrt man nur z. Th., dass die Spannung mit dem Sättigungsgrade und mit der Erhöhung der Temperatur im Wachsen begriffen sei; denn nur insofern giebt sie eine Anspielung auf diese Beziehungen, als sich zeigt, dass in der Mehrzahl von Fällen die Spannungszahlen bei den niedrigeren Graden der Sättigung und bei den niedrigeren Graden der Temperatur kleiner als bei den höheren Graden sind.

Dieses Ergebniss, unerwartet wie es mir war, könnte sogar widersinnig erscheinen, denn dass die Spannung des Sauerstoffs mit dem Gehalte dieses Körpers in den Blutscheiben und mit der Steigerung der Temperatur nach einem gesetzmässigen Verhältnisse wachsen müsse, schien mir nach den Befunden des Hrn. *Holmgreen* *) wahrscheinlich.

Die Unregelmässigkeit der Zahlen ist sogar so gross, dass man an irgend welcher Beziehung zwischen Sättigung, Temperatur und Spannung zweifeln könnte; die Zahl der Beobachtungen giebt uns indessen genügende Mittel an die Hand, um die Existenz dieser Beziehungen mit Bestimmtheit zu entscheiden.

Unter den Blutsorten kehrt die in dem ersten Stabe der Tabelle mit No. 12 bezeichnete 4 Mal wieder, d. h. es ist dasselbe Blut bei vier verschiedenen Sättigungsgraden auf seine Sauerstoffspannung geprüft worden, und es lässt sich demnach entscheiden, ob die Spannung wachse, wenn innerhalb desselben Blutes dieses auch mit der Sättigung der Fall ist; zu einer

*) *Holmgreens* Versuche deuten mit Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass die Spannung des Sauerstoffs mit dem Sättigungsgrade und der Temperatur constant und regelmässig wächst.

Auskunft hierüber eignet sich diese Beobachtungsreihe um so mehr, als die verschiedenen Bestimmungen bei nur um 2.4° C. verschiedenen Temperaturen ausgeführt wurden. Aus der Wiederholung der betreffenden Zahlen

Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur
0.40	5.0 Mm.	14.4° C.
0.47	14.5 »	16.8 »
0.51	13.1 *) »	16.8 »
0.75	17.0 »	14.4 »

leuchtet deutlich ein, dass in der That Spannung und Sättigungsgrad in gleichem Sinne ansteigen. Die genauere Gesetzmässigkeit der Spannungscurve über die Sättigung als Abscisse wird sich jedoch aus dieser vereinzelten Beobachtung um so weniger ableiten lassen, als die beiden Beobachtungen von den Sättigungsgraden 0.47 u. 0.51 in einer um 2.4° C. höheren Temperatur ausgeführt sind, als die zwei anderen.

Um die Wirkungen zu erkennen, welche die Dichtigkeit des Sauerstoffs unabhängig von derjenigen der Temperatur übt, wird man mit Hilfe der vorliegenden Versuche am besten so verfahren, dass man die Beobachtungen, welche bei annähernd gleicher, höchstens um 2 bis 3 Grade verschiedener Temperatur ausgeführt wurden, nach dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff zusammenstellt, wie ich dieses jetzt thun werde.

	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
Reihe *a*.	0.33	8.1 Mm.	21.2° C.
	0.40	15.3 »	23.5 »
	0.44	23.3 »	24.2 »
	0.62	24.8 »	20.9 »
Reihe *b*.	0.07	3.0 »	19.3 »
	0.47	14.5 »	16.8 »
	0.51	13.1 »	16.8 »
	0.69	27.5 »	19.2 »
	0.75	18.4 »	17.2 »
	0.87	32.8 »	18.0 »

*) Die kleine Unregelmässigkeit, dass der Partiardruck bei 0.47 grösser als bei 0.51 gefunden wurde, darf uns nicht befremden, weil die Druckwerthe des O bei diesen ziemlich gleichen Sättigungsgraden so nahe aneinander liegen, dass der geringste Fehler den grössten Einfluss auf die Verhältnisse ausüben muss.

	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
Reihe *c*.	0.40	5.0 Mm.	14.4 C.
	0.49	22.7 »	14.9 »
	0.74	21.0 »	14.9 »
	0.75	24.8 »	14.7 »
	0.75	17.0 »	14.4 »

Diese Anordnung der Versuche zeigt nun deutlich auf ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen der Dichtigkeit des gebundenen und des freien Sauerstoffs hin, denn in jeder der 3 Reihen wächst fast ausnahmslos mit der Dichtigkeit des gebundenen Sauerstoffs auch der Partiardruck des freien. — Wie die Vergleichung der verschiedenen Zahlen einer Reihe, so führt die Vergleichung entsprechender Zahlen in den verschiedenen Reihen zu einer Würdigung der Rolle, welche der Temperatur zukommt. Auch hier ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, dass mit ihr die Sauerstoffspannung anwächst.

Zugleich aber weist diese Zusammenstellung darauf hin, dass die Wärme- und die Sättigungsgrade keineswegs die einzigen Bedingungen seien, welche die Grösse der Spannungen bestimmen. Um diese letztere Behauptung recht deutlich hervortreten zu lassen genügt es, die Spannungszahlen verschiedener Blutsorten zu vergleichen, welche bei annähernd gleichem Sättigungsgrade und annähernd gleicher Temperatur geliefert wurden.

Beobachtungs-Nummer	Sättigungsgrad des Blutes	Partiardruck des Sauerstoffs	Temperatur der Beobachtung
2	0.40	15.8 Mm.	23.5° C.
3	0.44	28.8 »	24.2 »
9	0.74	21.0 »	14.9 »
6	0.75	24.8 »	14.7 »
12 A.[2]	0.75	17.0 »	14.4 »

Trotz ihrer kleinen Zahl lassen diese Beobachtungen klar erkennen, wie gewagt es sein würde, wenn man aus den bis dahin vorgeführten Versuchen die Behauptung ableiten wollte, dass die Spannung des vom Hämoglobin gebundenen Sauerstoffs nur eine Function der Temperatur und der Sättigung sei. Für nicht minder gewagt würde ich es jedoch halten, auf Grundlage des gegenwärtigen Standes meiner Beobachtungen schon andere

Eigenschaften des Blutes *) als wirksam für die Sauerstoffspannung zu bezeichnen. Hieran verhindern mich zwei Gründe. Erstens verdienen die Temperaturen, bei welchen die einzelnen Beobachtungen ausgeführt wurden, eine weit grössere Berücksichtigung, als sie ihnen zu Theil geworden, und zweitens besteht immer noch eine Unsicherheit darüber, ob die Ausgleichung der Sauerstoffdrücke eine vollkommene war.

Rücksichtlich des letzteren Punktes wurde schon oben erwähnt, wie misslich es sei, das Blut mit atmosphärischer Luft zu schütteln, weil es ungewiss bleibt, ob man den unveränderlichen Stand des Manometers als ein sicheres Kennzeichen dafür ansehen dürfe, dass die Ausgleichung des Sauerstoffdruckes innerhalb und ausserhalb des Blutes wirklich erfolgt sei. Da

*) z. B. der Absorptionscoëfficient des Serums für Sauerstoff und der Gehalt des Blutes an Scheiben. Es ergiebt sich aus meinen Versuchen mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit, dass der Procentgehalt des Blutes an Scheiben für den Partiardruck des Sauerstoffs bedeutungsvoll ist. Um dieses zu zeigen werde ich die Versuche ordnen nach dem Sauerstoffgehalt des vollkommen gesättigten Blutes, und die Partiardrücke zusammenstellen, welche Blutsorten von annähernd gleicher relativer Sättigung lieferten. Um den Einfluss der Temperatur zu eliminiren, wäre es nöthig gewesen nur Beobachtungen von annähernd denselben Wärmegraden zu wählen. Hiezu reichen jedoch die vorliegenden Versuche nicht aus. Bei einer Vergleichung der Spannungen ist natürlich immer die Temperatur in dem Sinne zu berücksichtigen, dass mit dem Anwachsen der Wärme auch die Spannung des Sauerstoffs wächst.

	O-Gehalt des gesättigten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des O der Luft	Temperatur
I.	10.67	0.49	22.7	14.9
	17.14	0.44	23.3	24.2
	17.27	0.40	15.3	23.5
	21.12	0.47	14.5	16.8
II.	10.86	0.75	24.8	14.7
	16.11	0.75	18.4	17.2
	19.0	0.74	21.0	14.9
	21.76	0.75	17.0	14.4

Diese Zahlen fügen sich also mit Ausnahme der dritten in der zweiten Abtheilung der Regel, dass in den Versuchen, in welchen Sauerstoff aus der Luft in das Blut aufgenommen wird, alles Andere gleichgesetzt der Partiardruck des Sauerstoffs zunehme, wenn sich der Gehalt des Blutes an Scheiben mindert. Jedenfalls laden sie zu erneuter Prüfung dieser Frage ein.

dies Letztere mit grösserer Sicherheit anzunehmen war, wenn man das Blut mit reinem Stickgas schüttelte, so ging ich zur Benutzung dieses Letzteren über. Der eben genannte Grund war jedoch nicht der wesentliche, welcher mich zur Abänderung des Verfahrens bewegte. Die Versuche, die Ausgleichung des Druckes bald mit sauerstoffhaltiger und bald mit sauerstofffreier Luft zu bewirken, unterscheiden sich offenbar noch durch einen bedeutungsvollen Umstand. In dem einen Falle muss der Sauerstoff in die Masse der Scheibe eindringen und in dem anderen muss der schon in den Scheiben enthaltene Sauerstoff in umgekehrter Richtung austreten. Hierbei werden sich den Ausgleichungen verschiedene Widerstände entgegensetzen. Ehe jedoch meine Vorstellungen hierüber im Genaueren entwickelt werden, ziehe ich es vor, **die Beobachtungen, in denen das Blut mit Stickgas** *) **geschüttelt wurde,** selbst vorzuführen.

13.

a. Volum des Stickgases bei 0^0 u. 1 Mtr. Hg-Druck 18.0 Cb.C.

Volum des geschüttelten Blutes 90 Cb.C.

Barometerstand 0.717. Temperatur 18.0^0 bis 18.8^0 C.

Gase des eingeführten Blutes in 100 Thl. wie nachfolgend aus dem gesättigten Blute.

Gase des mit O gesättigten Blutes »	*a.*	O 17.85 CO_2 13.89 N 1.90
am andern Tage ausgep.	*b.*	O 17.84 CO_2 13.94
Gase des aus dem App. genomm. Blutes		O 16.82 CO_2 14.43**) N 2.04
am andern Tage ausgep.		O 16.55 CO_2 15.5
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th.		O 1.99 CO_2 0.18
		O 1.70

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.93.

Sauerstoffdruck dieses Blutes 13.9 Mm.

---

*) Das Stickgas wurde in sämmtlichen Versuchen sowohl mittelst Pyrogallussäure und Kali als mittelst Controlanalyse auf seine Reinheit geprüft.

**) Aus dem grösseren CO_2-Gehalt des aus dem Apparate genommenen Blutes scheint hervorzugehen, dass ein Theil des O zur Oxydation verwendet worden ist. Da aber das mit O gesättigte Blut erst 15—30 Minuten, nachdem die abgemessenen Volumina desselben in die Apparate übergeführt worden, in die Recipienten gebracht wurde, ist keine Schlussfolgerung in dieser Hinsicht zu ziehen.

b. Volum des Stickgases bei 0⁰ u. 1 Mtr. Hg-Druck 139.5 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 92 Cb.C.
Gase des eingeführten resp. gesättigten Blutes wie oben.
Gase des aus dem App. genommenen Blutes O 15.29 CO_2 13.9 N 2.58
nach 24 Stdn. ausgepumpt O 15.56 CO_2 14.9
Luft des App. nach d. Schütteln in 100 Th. O 1.26 CO_2 0.35
Relative Sauerstoffsättigung des geschüttelten Blutes 0.86.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 9.2.

Zu 14.

A.[1] Volum des Stickgases bei 0^0 u. 1 Mtr. Druck 127.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 92 Cb.C.
Barometerstand 0.754. Temperatur zwischen 20.8° u. 21.0⁰ C.

Gase in 100 Th. des eingeführten Blutes	O 4.44	CO_2 37.49	N 1.57
Gase des mit O gesättigten Blutes in 100 Th.	O 14.88	CO_2 14.20	N 2.03
Gase des aus d. App. genomm. Blutes »	O 3.07	CO_2 33.69	N 1.71
den andern Tag ausgepumpt	O 2.82	CO_2 33.62	N 1.73
Luft des Apparates nach dem Schütteln	O 0.52	CO_2 1.99	
	O 0.43		

Relative O-Sättigung des geschüttelten Blutes 0.21.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 3.6.

Zu 14.

Vom Blute das zu der ersten Reihe gedient hatte, wurden die Reste (ca. 110 Cb.C.) gesammelt. Diese wurden mit O gesättigt und zu einem Versuche mit Stickgas verwendet.

Volum des Stickgases bei 0^0 u. 1 Mtr. Druck 121.8 Cb.C.
Volum des geschüttelten Blutes 59 Cb.C.
Barometerdruck 0.754. Temperatur 20.9^0 C.

Gase des eingeführten mit O gesättigten Blutes	O 11.63	CO_2 10.6	N 1.68
Gase des aus dem App. genommenen Blutes	O 9.55	CO_2 10.47	N 1.81
Luft des Apparates nach dem Schütteln	O 0.97	CO_2 0.32	
	O 0.77		

Relative Sauerstoffsättigung des geschüttelten Blutes 0.82.
Sauerstoffdruck dieses Blutes 6.6 Mm.

Zur Gewährung einer besseren Uebersicht stelle ich auch hier die für den vorliegenden Zweck bedeutungsvollen Zahlen zusammen.

Nummer des Versuchs	O-Gehalt des gesättigten Blutes	O-Gehalt des geschüttelten Blutes	Sättigungsgrad des geschüttelten Blutes	Partiardruck des überstehenden O's	Temperatur
Zu 14	14.38	3.07	0.21	3.6	20.0° C.
Zu 14 B.	11.63	9.55	0.82	6.6	20.9° »
13 b	17.85	15.43	0.86	9.2	18.4° »
13 a	17.85	16.82	0.93	13.9	18.4° »

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, weil alle Beobachtungen bei annähernd gleicher Temperatur angestellt sind, unmittelbar die schon früher gewonnene Einsicht in den Zusammenhang zwischen dem Sättigungsgrade des Blutes mit Sauerstoff und dem Partiardruck des Sauerstoffs in der darüber stehenden Luft. Die Abhängigkeit, in der sich die beiden Grössen von einander finden, bietet jedoch auch diesmal nicht unbedeutende Unregelmässigkeiten.

Eine andere auffallende Erscheinung zeigt aber die obige Zusammenstellung darin, dass die Partiardrücke des Sauerstoffs in der über dem Blute stehenden Luft jetzt weit geringere sind, als sie es in der früheren Versuchsreihe waren. Dieses gilt namentlich für die höheren Sättigungsgrade. Als die Blutsorten mit atmosphärischer Luft geschüttelt wurden, betrug der Partiardruck in der Regel über 20 Mm., wenn der Sättigungsgrad über 0.5 gestiegen war, jetzt, als mit Stickstoff geschüttelt wurde, erhob sich der Partiardruck des Sauerstoffs noch nicht einmal auf 14 Mm., trotzdem dass die Sättigung auf 0.9 angewachsen. Der Grund dieser Erscheinung kann nicht gefunden werden in Eigenthümlichkeiten der bei diesen Versuchen angewendeten Blutsorten. Hiegegen spricht die Erfahrung, dass das Blut (14) je nachdem es mit Stickstoffgas oder atmosphärischer Luft geschüttelt wurde, die überstehende Luft bald mit einem niedern und bald mit einem höhern Partiardruck zurückliess.

Ferner spricht auch dagegen das Verhalten, welches das Blut in dem luftleeren Raume bei den Versuchen von *Holmgreen* darbot. In vier seiner Versuche, die sich in den Temperaturgrenzen von 20° bis 23° bewegten, lag der Partiardruck des

Sauerstoffs zwischen 9.4 und 11.1 Mm., also bei sehr ähnlichen Werthen, wie sie meine Stickstoffversuche für ein fast gesättigtes Blut gegeben haben. Obgleich der Sauerstoffgehalt des von *Holmgreen* angewendeten Blutes nicht ermittelt wurde, so dürfte doch die Annahme gestattet sein, dass auch die von ihm gebrauchten Blutsorten, weil sie die arterielle Färbung besassen, ihrer vollen Sättigung mit Sauerstoff sehr nahe gewesen seien. Wie nun in den Zahlen, so schliesst auch rücksichtlich der angewendeten Methoden das Verfahren von *Holmgreen* meinen mit Stickstoff ausgeführten Versuchen sich insofern an, als in beiden Fällen der Sauerstoff aus den Blutscheiben und dem Blutplasma in die überstehende Luft auszutreten hatte. *)

Die Unterschiede der Spannungszahlen, welche bei den beiden Methoden zum Vorschein kommen, müssen daher eine andere Ursache haben. Soweit ich sehe, können sie nur in den Widerständen begründet sein, welche sich der Verbreitung des Sauerstoffs innerhalb des Blutplasmas und innerhalb der Masse der Scheiben entgegensetzen. Dass das Blutplasma einen Widerstand bietet, lässt sich aus meinen Versuchen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit schliessen.

Mehrere meiner Versuche, in welchen sauerstoffarmes Blut mit sauerstoffreicher Luft geschüttelt wurde, weisen darauf hin, dass alles andere gleichgesetzt der Partiardruck des Sauerstoffs zunimmt, wenn der Gehalt des Blutes an Scheiben sich mindert. Dieses rührt muthmasslich davon her, dass das Plasma einen Widerstand für den Eintritt des Sauerstoffs darbietet. Wenn aber diess der Fall ist, so müssen auch diese Blutsorten, in welchen der Gehalt des Blutes an Scheiben relativ gering ist, beim Schütteln mit N geringe O-Mengen ausgeben, also geringe

---

*) Endlich sprechen dagegen möglicherweise anderweite Erfahrungen. *L. Hermann* (»Ueber die physiologischen Wirkungen des Stickstoffoxydulgases« Reichert und du Bois-Reymonds Archiv J. 1864. pag. 526—528) fand, dass arterielles Blut, mit H oder N stark geschüttelt, keine Verdunkelung zeigt. Er glaubte demnach annehmen zu müssen, dass diese Gase den O aus dem Blute gar nicht austreiben. Er hat sich aber bald davon überzeugt, »dass in der That H, N, NO den Sauerstoff aus dem Blute auszutreiben vermögen« (cfr. *L. Hermann* »Ueber die Wirkungen des Stickstoffoxydgases auf das Blut« Reichert u. du Bois-Reymonds Archiv J. 1865 pag. 470—471). *W. Kühne* (»Lehrbuch der physiol. Chemie« J. 1868. pag. 216—217) scheint zu glauben, dass nicht der chemisch gebundene O, sondern nur der absorbirte O durch diese Gase ausgetrieben wird.

O–Spannung setzen. In der That scheint auch diess aus meinen Versuchen hervorzugehen. Leider ist nur in einem der Versuche, in welchem das Blut mit Stickstoff geschüttelt wurde, der Gehalt des Blutes an Blutkörperchen sehr gering, so dass ich nur diesen einen Fall als Beleg anführen kann. In diesem (14. p. 375) Falle war der Sauerstoffgehalt des gesättigten Blutes 11.63, der O–Gehalt des geschüttelten Blutes 9.55, die relative Sättigung also 0.82; trotz dieser hohen Sättigung und trotz der hohen Temperatur von 20.9°C. war der Partiardruck des Sauerstoffs nur 6.6 Mm., während im Falle 13 bei 17.85 totaler Sättigung und bei 0.86 und 0.93 relativer Sättigung die Spannungen bei einer Zimmertemperatur von nur 18.1°C. 9.6 und 13.9 Mm. betrugen. Obwohl ich davon weit entfernt bin aus diesem Ergebnisse etwas Bestimmtes zu schliessen, glaube ich doch einen Fingerzeig für weitere Untersuchungen geliefert zu haben.

Dass auch die Scheiben dem Sauerstoff einen gewissen Widerstand darbieten müssen, lässt sich a priori annehmen; da aber meine Befunde in dieser Hinsicht Nichts schliessen lassen, kann ich dieses nur als eine Vermuthung*) hinstellen.

*) In den Versuchen, in welchen das sauerstoffarme Blut mit sauerstoffreicher Luft geschüttelt wird, kommen die Blutscheiben in Berührung mit freiem Sauerstoffgas, dessen Spannung eine grössere ist, als diejenige des Sauerstoffs, welcher schon in ihnen enthalten. Es werden sich zunächst die auf ihrem äusseren Umfang gelegenen Hämoglobintheilchen soweit mit Sauerstoff sättigen, als es die Spannung des umgebenden Sauerstoffs gestattet, und es wird von da ab die Fortbewegung des Sauerstoffs gegen die inneren Schichten der Scheibe nur unter dem Druckunterschiede geschehen, welcher zwischen ungesättigten Theilen des Mantels und des Inneren besteht. Da dieser aber wohl nur ein sehr geringer ist, so wird auch der Sauerstoff nur sehr allmählig von aussen nach innen fortschreiten und in demselben Maasse wird auch der Sauerstoff in die Masse der Scheiben nachdringen. Ist diese Darstellung richtig, so wird es sich ereignen müssen, dass die Abnahme der Sauerstoffmenge in der Luft äusserst langsam und namentlich in einem solchen Grade erfolgt, dass die Aenderungen, welche von Viertel- zu Viertelstunde im Stande des Manometers erfolgen, kaum merklich werden. Alsdann ist man zu der Meinung verführt, dass die Ausgleichung der Sauerstoffspannung mit dem Sauerstoffgehalt der gesammten Masse der Scheibe erfolgt sei, während dieses in der That nur mit dem Sauerstoffgehalt der Hämoglobintheilchen geschehen ist, welche die Oberfläche der Scheiben bedecken. Führt man jetzt die Analysen des Sauerstoffgehaltes von Luft und Blut aus, so wird man eine höhere Zahl für den Partiardruck des Sauerstoffs finden, als sie dem Sauerstoffgehalt der

Wenn diese Betrachtungen richtig sind, so wird diejenige der angewendeten Methoden, bei welcher das Blut mit einer sauerstoffhaltigen Luft geschüttelt wird, einen höheren Partiardruck geben, als er dem gefundenen Sauerstoffgehalt der Scheiben entspricht, und umgekehrt, es wird diejenige, bei welcher das Blut mit sauerstofffreier Luft in Berührung kam, einen niedrigeren Partiardruck liefern, als er den Scheiben von dem gefundenen Sauerstoffgehalt zukommt.

Die im Vorhergehenden geschilderten Befunde fördern unsere Einsicht in die Constitution des Blutes in nicht geringem Grade. Aus diesen Versuchen erhellt, dass innerhalb bestimmter Grenzen der Temperatur und des Sauerstoffdrucks eine partielle Abgabe des Sauerstoffs der Blutscheiben stattfindet, dass die Grösse dieser Abgaben innerhalb dieser Grenzen mit dem Druck und der Temperatur sich ändert, dass aber die Ermittelung der speciellen Gesetze wegen vielfacher Complicationen grosse Schwierigkeiten darbietet.

Dass hier bestimmte Gesetze vorliegen müssen, wird aus folgenden Betrachtungen ersichtlich.

Ueber die Zusammensetzung eines Blutes, welches nicht mit Sauerstoff vollkommen gesättigt ist, lassen sich die beiden Vorstellungen bilden, entweder ist der O über die Moleküle des Hämoglobins derart vertheilt, dass sie sämmtlich auf einer niederen Stufe der Oxydation (oder beziehungsweise in einer physikalischen Verbindung mit dem Sauerstoff) stehen, oder das nicht vollkommen gesättigte Hämoglobin ist ein Gemenge

---

Scheiben entsprechen würde, vorausgesetzt, dass sich die Spannung beider Sauerstoffarten ausgeglichen hätte.

Das gerade Entgegengesetzte muss sich ereignen, wenn man die sauerstoffhaltigen Körperchen in eine sauerstofffreie Luft bringt. In diesem Falle werden die Hämoglobintheilchen auf der Oberfläche der Scheiben zunächst ihren Sauerstoff entlassen, und zwar so lange, bis das weitere Entweichen durch den im Luftstrome enthaltenen Sauerstoff verhindert wird, Nehmen wir auch hier, weil dieselben Bedingungen wie vorher bestehen, ein langsames Fortschreiten des Sauerstoffs vom Centrum gegen den Umfang der Scheiben an, so wird auch diesmal, ohne dass eine vollständige Ausgleichung stattgefunden, der Anschein entstehen können, als ob die Sauerstoffspannung durch alle Theile der Scheibe ins Gleichgewicht gesetzt wird mit derjenigen des Sauerstoffs in dem umgebenden Luftraume.

aus vollkommen gesättigten und vollkommen sauerstofffreien Molekülen. Die erste dieser Annahmen ist an und für sich unwahrscheinlich, namentlich aber in Anbetracht der Erfahrungen, die wir über Oxyhämoglobin besitzen, die zweite Annahme dagegen ist nach unseren jetzigen Kenntnissen die richtige, *) da man die O-Verbindung des Hämoglobins (Oxyhämoglobin) als eine chemische Verbindung nach atomistischen Verhältnissen ansehen muss.

Zu den Bedingungen, unter welchen das Oxyhämoglobin bestehen kann, gehört nun die Anwesenheit eines bestimmten Sauerstoffdruckes in der Umgebung und eine bestimmte Temperatur; wenn dieser Sauerstoffdruck fehlt oder wenn die Temperatur höher steigt, zerfällt die Verbindung in Hämoglobin und O. Der Zerfall wird so lange fortschreiten, bis die freigewordene Sauerstoffmasse der Flüssigkeit eine Spannung erreicht hat, bei welcher der Zerfall der noch vorhandenen Oxyhämoglobinmoleküle verhindert ist.

Da zwischen der freigewordenen Sauerstoffmasse der Lösung und dem in dem Luftraume vorhandenen Sauerstoff ein stetiger Austausch nach ganz bestimmten Gesetzen erfolgt, so muss die im Luftraume vorhandene Spannung des Sauerstoffs in einer bestimmten Abhängigkeit von derjenigen des genannten Gases in der Flüssigkeit stehen.

Es gilt daher die Bedingungen näher zu untersuchen, von welchen das Freiwerden des Sauerstoffs in der Flüssigkeit abhängt. Hiefür kommen zu-

*) Diese Annahme ist übrigens eine so gut wie festgestellte Thatsache, da *Hoppe-Seyler* wie mir scheint mit Schärfe nachgewiesen hat, dass das mit Sauerstoff nicht vollkommen gesättigte Blut ein Gemenge von Hämoglobin und Oxyhämoglobinmolekülen enthält. Cfr. *Hoppe-Seyler*, Centralblatt f. d. med. Wissenschaften J. 1864. No. 52. »Sowohl *Stokes* als ich konnten im venösen Blute deutlich die beiden Absorptionsstreifen des sauerstoffhaltigen Hämoglobin unterscheiden, aber ich habe bereits in meiner zweiten Mittheilung Virchow's Archiv Bd. 29 S. 233 die Verschiedenheit des sauerstoffhaltigen und sauerstofffreien Blutfarbstoffs hinsichtlich der am schwächsten absorbirten Lichtstrahlen beschrieben und mit diesem Hülfsmittel, d. h. der Spectraluntersuchung bei starker Concentration der Blutlösung ist es leicht sich zu überzeugen, dass das venöse Blut wirklich sauerstofffreies Hämoglobin enthält, während das Verhalten in sehr dünner Schicht die gleichzeitige Anwesenheit des sauerstoffhaltigen zeigt.«

nächst 1) die Temperatur der Flüssigkeit und 2) das Verhältniss, in welchem die Zahlen der Hämoglobin- und Oxyhämoglobinmoleküle zu einander stehen, in Betracht:

ad 1) Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit wird mit der Temperatur steigen, weil der Zerfall mit steigender Temperatur um so leichter eintreten muss. Nur bleibt hier das unklar, warum innerhalb gewisser Temperaturgrenzen nur eine partielle Zerlegung stattfindet. Hierüber hat Herr Dr. *Leopold Pfaundler* in seinen »Beiträgen zur chemischen Statik« *) werthvolle Betrachtungen angestellt. Da diese Betrachtungen noch nicht in die Physiologie eingebürgert sind, werde ich mir im Folgenden erlauben, einige Citate aus dieser Abhandlung zu benützen. Die Annahme, dass »die Veränderung die einzelnen Moleküle ungleich trifft, indem z. B. ein Theil derselben ganz zerfällt, während die übrigen unzersetzt bleiben, enthält Etwas, was sich schwer vorstellen lässt. Man kann sich nicht recht denken, warum bei derselben Temperatur, bei der die eine Anzahl der einander offenbar gleichen Moleküle zerfallen muss, die übrige Menge derselben unzerlegt bleiben könne. Wenn es die Temperatur ist, in Folge welcher sie zerfallen, diese aber dieselbe ist, so müssen, da gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben, alle dieselbe Veränderung erleiden.«

»Diese Schwierigkeit zu beseitigen, will ich nun versuchen . . .«

»*Deville* hat bereits die Analogie hervorgehoben, welche zwischen der partiellen Zerlegung von Verbindungen unterhalb der eigentlichen Zersetzungstemperatur und der Verdampfung der Flüssigkeiten unterhalb der Siedetemperatur vorhanden ist. Dieser nämliche Gedanke war mir beim Lesen der Abhandlung von *Clausius*: »Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen« gekommen und hatte mich veranlasst, zu untersuchen, ob nicht in Folge eben dieser Aehnlichkeit der Erscheinungen auch eine ähnliche Hypothese, wie jene, mit welcher *Clausius* die Verdampfung erklärt hat, geeignet wäre, die Dissociation zu erklären. Ich fand nun seine Hypothese auf eine gewisse Klasse von Dissociationsvorgängen ohne Weiteres anwendbar. . .«

»Betrachten wir zunächst den Vorgang der Verdampfung und die Erklärung derselben nach *Clausius*.«

---

*) Pogg. Ann. Bd. CXXXI. J. 1867 pag. 55—63.

»Wenn man in einem geschlossenen Raume eine Flüssigkeit erwärmt, so verdampft ein Theil derselben, d. h. es geht von den an der Oberfläche liegenden Molekülen eine gewisse Menge in den darüber stehenden Raum, bis dieser eine bestimmte Anzahl derselben enthält. Solange dann die Temperatur dieselbe bleibt, ändert sich diese Anzahl nicht mehr. Man könnte nun hier ebenfalls fragen, warum wohl alle Moleküle, die sich an der Oberfläche der Flüssigkeit befinden, in den Dampf übergehen, da doch für sie die Temperatur dieselbe ist, wie für die anderen, welche sich bereits im Dampfe befinden. Der Fall ist entschieden analog. Wer sich bei diesem mit der Erklärung begnügt, dass die weitere Verdampfung durch den Partialdruck des Dampfes verhindert werde, der kann sich auch bei der Dissociation einer Verbindung mit der Erklärung zufrieden stellen, dass der Partialdruck der Dämpfe der ausgeschiedenen Bestandtheile das weitere Zerfallen der Verbindung verhindere, solange sich die Temperatur nicht ändert. Steigt diese um ein Gewisses, so wird eine weitere Anzahl von Molekülen zersetzt, bis der dadurch gesteigerte Partialdruck der in Freiheit gesetzten Bestandtheile mit der zersetzenden Kraft wiederum ins Gleichgewicht gekommen ist.«

»Ich finde diese Erklärung noch nicht genügend, denn abgesehen davon, dass es noch zu untersuchen wäre, ob man hier von einem Partialdruck, wie bei der Verdampfung, reden könne, und ob derselbe auf die chemisch verbundenen Moleküle eine ähnliche die Trennung verhindernde Wirkung ausüben könne, wie auf die durch die Cohäsion verbundenen, wäre das verschiedene Verhalten der einzelnen Moleküle immer noch unerklärt. Man muss also tiefer in die Sache eingehen und in Betrachtung ziehen, worin das Wesen des Partialdruckes bestehe. Dies hat *Clausius* ausgeführt.«

»Nach seiner Theorie besteht das Gleichgewicht nach dem Eintreten des Maximums der Spannkraft darin, dass in derselben Zeit eine gleich grosse Anzahl von Molekülen von der Oberfläche der Flüssigkeit in den darüber stehenden Raum fliegt, als aus diesem in die Flüssigkeit zurückkehrt.«

»Als Beispiel für alle jene Dissociationserscheinungen, auf welche sich diese Hypothese unmittelbar übertragen lässt, wähle ich die Zersetzung des kohlensauren Kalkes.«

Die Darstellung, welche Hr. *Pfaundler* von der Dissociation

des kohlensauren Kalkes giebt, lässt sich so schnurgerade auf das Oxyhämoglobin anwenden, *) dass die folgenden Betrachtungen ganz direct seiner Darstellung entlehnt sind.

Im geschlossenen Raume erwärmt, erleidet das Oxyhämoglobin von einer gewissen Temperatur an eine Dissociation, d. h. eine Anzahl seiner Moleküle, deren innere Bewegung das Maximum überschritten hat, zersetzt sich; die freigewordenen Moleküle des Sauerstoffs bewegen sich im Raume geradlinig fort und vermehren sich solange, bis die in der Zeiteinheit wieder aufgenommenen ebenso zahlreich geworden sind, als die abgestossenen. Lässt man die Temperatur um ein Weniges sinken, so wird die Anzahl der aufgenommenen Moleküle grösser als die der abgestossenen. Die Substanz absorbirt daher Sauerstoff. Verdrängt man nun die Sauerstoffmoleküle im Flüssigkeitsraume (Blutplasma) durch Durchleitung von H (oder ein anderes indifferentes Gas) so hört deswegen das Abstossen der Sauerstoffmoleküle nicht auf, weil die Ursache nicht aufgehoben ist, wohl aber die Aufnahme von Molekülen, weil sie fortgeführt werden. Das Oxyhämoglobin entwickelt also Sauerstoff im Wasserstoffstrome bei derselben Temperatur, bei der er ohne Wasserstoffstrom dieselbe absorbirt. Der Wasserstoffstrom verhält sich demnach dem Oxyhämoglobin und dem Sauerstoff gegenüber gerade so, wie gegenüber einer wasserhaltigen Substanz, die getrocknet werden soll.

Durch diese Betrachtungen, welche nothwendigerweise ungleiche innere Bewegungszustände der Oxyhämoglobinmoleküle voraussetzen, wird es, wie ich glaube, verständlich, warum innerhalb bestimmter Temperaturen nur eine partielle Zersetzung stattfindet und warum der Zerfall mit der steigenden Temperatur grösser wird. Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit muss also demnach mit der Temperatur der Lösung steigen.

ad 2) Die Menge des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit muss aber auch, die Temperatur und alles andere gleichgesetzt, von dem Verhältniss, in welchem die Zahlen der Hämoglobin- und Oxyhämoglobinmoleküle zu einander stehen, abhängen. In einem

*) Der Unterschied besteht im Wesentlichen nur darin, dass das Oxyhämoglobin von einem Flüssigkeitsraum (Blutplasma) umgeben ist, und nur höchst ausnahmsweise mit dem Luftraume in Berührung kommt.

Blute, das nur wenig gebundenen Sauerstoff enthält, kann die Menge des freien Sauerstoffs nur gering sein, oder allgemeiner ausgedrückt: es wird die Menge des freien mit derjenigen des gebundenen Sauerstoffs (Oxyhämoglobins) wachsen. Diese Annahme stützt sich auf die Erwägung, dass in dem Maasse, in welchem innerhalb eines sonst unveränderlich zusammengesetzten Blutes die Zahl der sauerstoffhaltigen Moleküle abnimmt, auch die Zahl der Orte geringer wird, an welchen die Zerlegung des Oxyhämoglobins vor sich geht, während andererseits die Gelegenheit zur Wiederbindung des Sauerstoffs wegen der in grosser Anzahl und deshalb in der grössten Nähe befindlichen Hämoglobinmoleküle eine sehr ergiebige ist.

Die freie Sauerstoffmasse der Flüssigkeit muss also nach gesetzmässigen Verhältnissen mit der Zahl der Oxyhämoglobinmoleküle und mit der Steigerung der Temperatur der Flüssigkeit zunehmen.

Da nun nach den Absorptionsgesetzen der Sauerstoffgehalt der Luft in einem gesetzmässigen Verhältniss zu der freien Sauerstoffmasse der Flüssigkeit — der Sauerstoffgehalt der Luft wächst mit dem Gehalt des freien Sauerstoffs der Flüssigkeit und mit der Temperatur nach bestimmten Gesetzen — steht, so ist es ersichtlich, dass auch der Sauerstoffgehalt der Luft zu der Zahl der Oxyhämoglobinmoleküle (dem Sättigungsgrade) und zu der Temperatur der Lösung in einem bestimmten gesetzmässigen Verhältniss stehen muss.

Es ist mir indessen nicht gelungen und es wird möglicherweise nie gelingen diese Gesetze beim Blute zu ermitteln, weil viele Complicationen die grössten Schwierigkeiten darbieten. Solche Complicationen sind, wie ich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit dargethan habe, die specifischen Widerstände des Blutplasma und der Blutscheiben. Hiedurch wird die Vertheilung der freigewordenen Sauerstoffmasse durch das Blut im höchsten Grade erschwert, so dass eine unregelmässige Anhäufung derselben stattfinden muss. Diese Widerstände sind um so schwieriger zu ermitteln, als es aus meinen Versuchen zu schliessen ist, dass die Widerstände in den verschiedenen Blutsorten einer und derselben Thierspecies ausserordentlich variiren. Dasselbe geht muthmaasslich auch aus den Versuchen des Hrn. *Hoppe-Seyler* hervor. Nach *Hoppe-Seyler's* Erfahrungen kann das Blut in einigen Fällen sehr leicht von O durch das Durchleiten anderer Gase (z. B.

Wasserstoff oder Kohlensäure) befreit werden; in anderen ist es nicht der Fall. So beobachtete *Hoppe-Seyler* in einigen Fällen nach sechsstündigem Durchleiten der CO_2 durch defibrinirtes Hundeblut im Spectrum noch die zwei arteriellen Absorptionsstreifen. *)

Ferner ist es a priori nicht ganz unwahrscheinlich, dass der Absorptionscoëfficient des Blutplasma für den O bei den verschiedenen Blutsorten differiren kann; dass auch hiedurch Complicationen herbeigeführt werden, liegt auf der Hand.

Es kann daher nicht länger widersinnig erscheinen, sondern es liegt in der Natur der Sache begründet, dass ich anscheinend inconstante und unregelmässige Ergebnisse erhalten habe. Diess wird um so mehr begreiflich, wenn man bedenkt, dass die planmässige Variation meiner Versuche sich in den meisten Fällen auf verschiedene Blutsorten bezieht. Will man hier weiter und tiefer eindringen, so ist es nach dem eben Erörterten ersichtlich, dass man planmässig variirte Versuche mit einem und demselben Blute anstellen muss.

In diesem Falle muss es selbstverständlich viel leichter sein, die Complicationen genauer zu erforschen und die Gesetze festzustellen; hiefür sprechen auch die Ergebnisse meiner Versuche, in denen ich die Abhängigkeit der Partiardrücke des Sauerstoffs von verschiedenen Sättigungsgraden eines und des-

*) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1864 Nr. 52: »Wenn man frisches Blut mit Wasser verdünnt und mehrere Stunden lang Kohlensäure, die durch zwei mit doppelt kohlensaurem Natron gefüllte Waschflaschen gegangen ist, einleitet, so erhält man in allen Fällen venöse Färbung des Blutes, dabei verschwinden meist, wie es *Stokes* beschreibt, die beiden Absorptionsstreifen des Hämoglobin, indem sich allmählig der helle Zwischenraum zwischen ihnen verdunkelt, der zweite Streif sich neben E aufhellt, während der neben D stehende bei genügender Concentration der Lösung sich über D hinaus als schwächere Schattirung verbreitet; zugleich erhellt sich das Spectrum im Blau. In anderen Fällen aber konnten bei meinen Versuchen die beiden Absorptionsstreifen trotz 6stündigem Einleiten von Kohlensäure nicht zum Verschwinden gebracht werden.« Cfr. auch *Dybkowsky*, »Einige Bestimmungen über die Quantität des mit dem Hämoglobin lose gebundenen Sauerstoffs« in »Medicinisch-chemische Untersuchungen« herausgegeben von *Hoppe-Seyler*, Heft 1. J. 1866. pag. 122. — Da die Versuchsbedingungen nicht genauer erörtert sind, so können selbstverständlich die Beobachtungen der genannten Forscher in dieser Hinsicht nicht specieller verwerthet werden.

selben Blutes untersucht habe; in diesen Versuchen trat die Abhängigkeit des Partiardrucks des Sauerstoffs von dem Sättigungsgrade des Blutes so deutlich hervor, dass man mit einem gewissen Rechte vermuthen kann, mittelst ähnlicher und anderer — durch diese Untersuchung vorgezeichneter — Versuchspläne mit einem und demselben Blute die Fragen der Lösung näher zu bringen.

Es schien mir aber nicht am nächsten zu liegen, solche Versuche anzustellen, welche auf diesem Standpunkt der Untersuchung für die Physiologen im Wesentlichen nur den Werth interessanter Details haben können; es lag mir vielmehr ob, dieselben Versuche mit Lösungen von Oxyhämoglobin anzustellen, um zu sehen, ob auch in diesem Falle im Wesentlichen dieselben Erscheinungen eintreten; diese Untersuchung schien mir von einer fundamentalen Wichtigkeit zu sein und trat daher zunächst in den Vordergrund.

§ 3.

Versuche mit Lösungen von Oxyhämoglobin.

Diese Versuche sind von hoher Wichtigkeit. Die genaue Erforschung der Dissociationserscheinungen irgend eines bestimmten chemischen Körpers ist eine Hauptaufgabe der jetzigen physikalischen Chemie, und das specielle Studium des Oxyhämoglobins gewinnt für die Physiologie ein noch viel höheres Interesse dadurch, 1) dass das Schicksal des Sauerstoffs der Blutkörperchen mit dem ganzen Ernährungsvorgang auf das Innigste verknüpft ist, und 2) dass die Oxyhämoglobine die einzigen bisher bekannten Individuen der Eiweissgruppe sind. Die Thatsache der Krystallisirbarkeit dieser, der Gruppe der Albuminate angehörigen, Blutbestandtheile ist auf unserem jetzigen primitiven Standpunkte der Kenntniss der Eiweisskörper so interessant und überraschend, dass man schon aus diesem Grunde darauf auszugehen hat mittelst einer exacten Experimentalkritik eine breite und allseitige Grundlage für die Beurtheilung der chemischen Constitution und der physiologischen Beziehungen dieser Körper zu gewinnen.

Vorerst tritt hier die Frage in den Vordergrund, ob das Oxyhämoglobin als solches in den Blutscheiben präformirt ent-

halten ist. Diese Frage ist die Hauptfrage und harrt daher in erster Linie ihrer Entscheidung.

Leider hat diese Frage zur Zeit nicht direct gelöst werden können. Nur mittelst Hülfe derartiger Agentien, welche die Blutkörperchen als solche zerstören, kann das Oxyhämoglobin dargestellt werden, und niemals hat man in den unversehrten Blutscheiben Oxyhämoglobinkrystalle gesehen, was man doch jedenfalls unter Umständen erwarten musste, weil das Oxyhämoglobin innerhalb der Scheiben in einer ausserordentlich gesättigten Lösung ist.

Da der directe Nachweis des Oxyhämoglobins im Blute fehlt, so hat man mittelst Hülfe des vergleichenden Studiums der Eigenschaften des Hämoglobins und der Blutkörperchen gesucht Wahrscheinlichkeitsbeweise zu liefern.

Insbesondere den Forschungen des Hrn. Prof. *Hoppe-Seyler* verdankt man die bisher gewonnenen Ergebnisse. Von diesen sind hier folgende hervorzuheben:

1) die Einwirkung sämmtlicher Hämoglobine und sämmtlicher rother Blutkörperchen auf das Licht ist, soweit sich diess beobachten lässt, qualitativ genau die nämliche; *)

2) der rothe Farbstoff des Blutes, das Hämoglobin, verbindet sich mit Sauerstoff in derselben Weise, wie wir es in den Blutkörperchen sehen; die Lichtverhältnisse werden in beiden Fällen ganz gleich durch die Oxydation beeinflusst; es lässt sich durch Evacuation oder durch reducirende Substanzen dieser Sauerstoff sowohl von den Blutkörperchen als vom Blutfarbstoff trennen, ohne dass weder die Blutkörperchen noch das Hämoglobin dabei unfähig gemacht werden unter passenden Verhältnissen wieder Sauerstoff aufzunehmen; die Quantität des Sauerstoffs, welche mit dem Hämoglobin in der wässrigen Lösung sich binden kann, kommt ziemlich genau der Menge des Sauerstoffs gleich, welchen man aus dem entsprechenden Volumen des Blutes bei der Gasanalyse gewinnt. **)

Diese grossen Aehnlichkeiten, vorzugsweise das gleiche optische

*) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Unters. Heft 2. J. 1867 pag. 174; Heft 3. J. 1868 pag. 370.

**) Cfr. *Hoppe-Seyler*, Med.-chem. Untersuch. Heft 1. J. 1865 pag. 134, cfr. *Dybkowsky*, ibidem pag. 127—128, 131.

Verhalten, stützen die Annahme, dass das Oxyhämoglobin als solches auf irgend eine Weise in den Blutscheiben enthalten ist, in erheblichem Grade. Um aber die grosse und tiefe Bedeutung dieser Aehnlichkeiten für unsere Frage noch sicherer festzustellen, gilt es durch eine nach den Regeln strenger wissenschaftlicher Kritik angestellte Controle die Verhältnisse bis in Details zu verfolgen. Eine solche Controle wird nun vielleicht durch meine Versuche erhalten werden können.

Ich habe gezeigt, dass unter einem gewissen Partiardruck des Sauerstoffs der Luft eine unvollkommene Sättigung der Blutscheiben mit Sauerstoff eintritt. Wenn es sich nun aus den Versuchen mit den Hämoglobinlösungen herausstellen wird, dass unterhalb eines annähernd gleichen Druckes (20—30 Mm. Hg) die Oxyhämoglobinlösungen Sauerstoff abgeben, und dass dieser Partiardruck im Wesentlichen ebenso wie beim Blute mit der Temperatur und dem Sättigungsgrade sich ändert, so wird der tiefe und innige Zusammenhang zwischen dem Oxyhämoglobin und dem näher zu erforschenden Körper der Blutscheiben noch klarer und schärfer hervorgehen; nebenbei werden aber auch gewünschte Aufschlüsse über die chemische Constitution des Oxyhämoglobins erhalten werden können.

Es ist aber hier ausdrücklich hervorzuheben, dass man nicht erwarten kann mit den Hämoglobinlösungen ganz gleiche Resultate wie mit dem Blute zu bekommen. Voraussichtlich können nur annähernd gleiche Ergebnisse erhalten werden und zwar aus folgenden Gründen:

1) Es liegt keine Nothwendigkeit dafür vor, dass sich das freie Hämoglobin gerade so wie das in den Scheiben eingeschlossene verhalten müsse, denn wenn auch das Hämoglobin der Scheiben und das aus der Lösung der Blutkörperchen gewonnene ihrer chemischen Constitution nach identisch sind, so bleibt damit noch nicht ausgeschlossen, dass durch irgend welchen von der Zusammensetzung des Oxyhämoglobin unabhängigen Umstand innerhalb der Blutscheibe die Festigkeit geändert werde, mit welcher der Sauerstoff an dem dort befindlichen Hämoglobin haftet;
2) die specifischen Widerstände der Blutscheiben und des Blutplasma sind ganz andere, als diejenigen einer wässerigen Lösung von Hämoglobin; ferner ist es höchst wahrscheinlich, dass der Absorptionscoëfficient der Flüssigkeit

(Blutplasma, Hämoglobinlösung) in beiden Fällen um ein wenig differirt;

3) man kann zu den Versuchen mit Hämoglobin nicht ohne Gefahr grösserer Zersetzung Lösungen von derselben Concentration wie das Blut anwenden.

Die Resultate können daher nur im Wesentlichen übereinstimmen; gewisse Abweichungen müssen stattfinden: diese Abweichungen werden aber voraussichtlich nicht das Resultat stören; im Gegentheil: es wird vielleicht durch dieselben das Verhältniss des dem Hämoglobin entsprechenden Körpers innerhalb der Blutscheiben und die specifischen Widerstände des Blutes beleuchtet werden können.

Es lag mir am nächsten mit Sauerstoff gesättigte Hämoglobinlösungen mit sauerstoffarmer Luft zu schütteln, weil es viel leichter ist, eine reine Oxyhämoglobinlösung, als eine reine Hämoglobinlösung darzustellen.

Die Versuchsmethode war ganz die nämliche wie beim Blute. Das Oxyhämoglobin, welches mir zu meinen Beobachtungen diente, war jedesmal durch mehrmalige Krystallisation gereinigt. Die Darstellung geschah ebensowohl nach dem Verfahren von *Kühne*,*) als nach dem von *Hoppe-Seyler*. **)

Die leichte Zersetzbarkeit des Hämoglobins in Lösung ist der Schärfe des Versuchs gefahrbringend. Ich habe dieselbe dadurch unschädlich zu machen gesucht, dass ich Lösungen anwendete, welche bei der Temperatur, in der sie geschüttelt wurden, verhältnissmässig sehr wenig concentrirt waren, und dadurch, dass ich eine geringe Menge von Natron (oder kohlensaurem Natron) zusetzte. Die Lösung enthielt ca. 0.1 Procent davon.

Nach Beendigung eines jeden Versuchs habe ich mich durch die Spectralbeobachtung davon überzeugt, dass die Hämoglobinlösung keine sichtbare Spur eines Hämatinstreifens gewahren liess. Diese Vorsichtsmaassregeln lassen mich hoffen, dass das für jeden Versuch frisch bereitete Hämoglobin während der kurzen Dauer (2—3 Stunden) dieses letzteren so gut wie keine

---

*) *Kühne*, Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften J. 1863 Nr. 53.

**) *Hoppe-Seyler*, Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. 3. Auflage J. 1870 pag. 215.

Veränderung erlitten habe. Ich habe nur zwei Versuche angestellt und zwar waren die Lösungen in diesen Versuchen von ziemlich verschiedener Concentration. Die nachstehenden ausführlich mitgetheilten Versuche geben Auskunft über meinen Befund.

Versuch I.

Die Hämoglobinkrystalle, aus Hundeblut nach dem Verfahren von *Hoppe-Seyler* bereitet, wurden bei 13.8° C. in eine verdünnte Lösung von kohlensaurem Natron aufgelöst.

Die Lösung enthielt 3.9 Procent Hämoglobin. 100 Cb.C. derselben gaben 4.1 Cb.C. O.

Von diesen 4.1 Proc. O ist bei 13.8° C. und einem Sauerstoffdruck von 158.8 Mm. 0.48 Proc. O als absorbirt anzunehmen; 100 Cb.C. enthielten daher muthmaasslich nur ca. 3.6 Cb.C. chemisch gebundenen O. *)

A.[1] Volum des ganz sauerstofffreien Stickgases bei 0° und 1 Mtr. Druck = 46.7 Cb.C.

Volum der Hämoglobinlösung	=	160 »
Gase der Hämoglobinlösung nach dem Schütteln	=	3.16 Proc. O**)
Luft des Apparates nach dem Schütteln	=	0.198 Proc. O 0.22 »
Barometerstand	=	0.756 Meter
Temperatur	=	13.8° C.

O-Druck dieser Lösung 15.8 Mm. Hg.

Von diesen 3.16 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 13.8° C. und einem Sauerstoffdrucke von 15.8 Mm. ca. 0.05 Proc. absorbirt ist; 100 Cb.C. der Lösung enthielten daher muthmaasslich 3.11 Cb.C. chemisch

---

*) Nach *Dybkowsky* (Med.-chem. Unters. Heft 1. J. 1866 pag. 127), *Preyer* (Centralblatt für die med. Wissenschaften J. 1866 pag. 323) und *Hoppe-Seyler* (Med.-chem. Unters. Heft 2. J. 1867. p. 192) beträgt die Quantität des durch Evacuiren abtrennbaren Sauerstoffs 1.2 bis 1.3 Cb.C. für 1 Grm. trockne Krystallsubstanz im Falle, dass die Krystalle in Wasser gelöst sind. In diesem Versuche dagegen hat 1 Grm. Hämoglobin kaum 1 Cb.C. O gegeben; diess rührt, wie ich glaube, wesentlich davon her, dass die Besttimmung des Hämoglobingehalts vielleicht nicht ganz genau war; diess thut aber der Beurtheilung des Versuchs keinen Eintrag.

**) Die Kohlensäure wurde selbstverständlich vor der Ueberführung in das Eudiometer absorbirt.

gebundenen O. Wenn wir 3.6 als die totale Sättigung hinstellen, so ist die relative Sättigung 0.86.

A.[2] Volum des ganz sauerstofffreien Stickgases bei 0^0 und 1 Mtr. Druck = 186.9 Cb.C.
Volum der Hämoglobinlösung . . . . = 150 »
Gase der Hämoglobinlösung nach dem Schütteln . . = 3.04 Proc. O
Luft des Apparates nach dem Schütteln . . . . = 0.87 Proc. O
Barometerstand und Temperatur wie bei A.[1]
O-Druck dieser Lösung 6.6 Mm. Hg.

Von diesen 3.04 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 13.8° C. und einem Sauerstoffdruck von 6.6 Mm. ca. 0.022 Proc. als absorbirt enthalten ist; 100 Cb.C. enthielten daher muthmaasslich 3.018 Cb.C. chemisch gebundenen O. Die relative Sättigung ist hier also 0.838.

Das Ergebniss des Versuchs erhellt aus folgender Uebersichtstabelle:

Totale Sättigung	Partielle Sättigung	Relative Sättigung	Partiardruck des O der Luft	Temperatur
3.6	3.11	0.86	15.8 Mm.	13.8°
»	3.018	0.838	6.6 »	»

Es geht aus diesem Versuche mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit hervor:

die Oxyhämoglobinlösung giebt unter einem gewissen Sauerstoffdruck der Luft O ab; der Partiardruck des Sauerstoffs der Luft nimmt mit dem Sauerstoffgehalt der Lösung zu; der Unterschied in diesem Versuche ist indessen so bedeutend (in A.[1] relative Sättigung 0.86 und 15.8 Mm. Druck, in A.[2] relative Sättigung 0.838 und 6.6 Mm. Druck), dass man vermuthen muss, dass die Ausgleichung in A.[2] nicht ganz vollständig war. Da bei der hohen relativen Sättigung von 0.85 der Partiardruck nur 15.8 Mm. war, kann man daraus mit einem gewissen Recht schliessen, dass die oberste Grenze kaum 20 Mm. übersteigt.

Man kann gegen die Richtigkeit dieser Schlussfolgerungen einwenden, dass der O-Gehalt der Luft nach dem Schütteln von dem absorbirten O herrührt und dass die Abnahme des O-Gehaltes der Lösung nach dem Schütteln theils von der Abnahme des absorbirten O, theils von etwaiger Zersetzung des Hämoglobins bedingt war; die ausgeschiedene Menge des O der Luft

lässt sich nämlich jedenfalls der Hauptsache nach von der Abnahme des absorbirten O der Lösung erklären, die Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Lösung dagegen nicht. Eine Zersetzung schien nicht stattgefunden zu haben; jedenfalls war nach dem Schütteln keine Spur von Zersetzung spectroskopisch nachweisbar.

Versuch II.

Die Hämoglobinkrystalle, aus Hundeblut nach dem Verfahren von *Kühne* bereitet, wurden bei 10.5° C. in einer höchst verdünnten Lösung von Natron aufgelöst.

Die Lösung enthielt 2.38 Procent Hämoglobin; 100 Cb.C. derselben gaben 2.81 Cb.C. O.

Von diesen 2.81 Proc. O ist bei 10.5° C. und einem Sauerstoffdruck von 153 Mm. ca. 0.5 Proc. O als absorbirt anzusehen; 100 Cb.C. enthielten daher muthmaasslich nur ca. 2.31 Cb.C. O. *)

Das Gas, welches in diesem Versuche zum Schütteln angewendet wurde, war nicht reiner Stickstoff. Die Analyse ergab 0.965 Proc. O.

A.[1]	Volum des angewendeten Gases bei 0° u. 1 Mtr. Druck	=	28.1 Cb.C.
	Volum der Hämoglobinlösung	=	70 »
	Gase der Hämoglobinlösung nach dem Schütteln	=	2.01 Proc. O
	Luft aus dem Apparat	=	1.92 » 2.26 »
	Barometerstand	=	0.729 Mtr.
	Temperatur	=	10.2° C.
	O-Druck dieser Lösung 15.3 Mm. Hg.		

Von diesen 2.01 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 10.2° C. und einem Sauerstoffdruck von 15.3 Mm. ca. 0.05 absorbirt ist; 100 Cb.C. der Lösung enthielten daher muthmaasslich 1.96 Cb.C. chemisch gebundenen O.

Wenn wir 2.31 als die totale Sättigung hinstellen, so ist die relative Sättigung 0.85.

---

*) Auch in diesem Versuche hat 1 Grm. Hämoglobin kaum 1 Cb.C. O gegeben; die Bestimmung des Hämoglobingehalts war auch hier möglicherweise nicht ganz genau.

A.[2] Volum des angewendeten Gases bei 0° u. 1 Mtr. Druck = 39.8 Cb.C.
Volum der Hämoglobinlösung . . . . = 70 »
Gase der aus dem Apparate genommenen Hämoglobinlösung . . . . = 1.66 Proc. O
Luft aus dem Apparate . . . . = { 2.14 » / 2.05 }
Barometerdruck und Temperatur wie in A.[1]
O-Druck dieser Lösung 15.25 Mm. Hg.

Von diesen 1.66 Proc. O der Hämoglobinlösung nehme ich an, dass bei 10.2°C. und einem Sauerstoffdruck von ca. 15.3 Mm. beinahe 0.05 Proc. O absorbirt ist; 100 Cb.C. der Lösung enthielten daher muthmaasslich 1.61 Cb.C. chemisch gebundenen O.

Wenn wir 2.31 als die totale Sättigung hinstellen, so ist die relative Sättigung 0.7.

Das Ergebniss des Versuchs erhellt aus folgender Uebersichtstabelle:

Totale Sättigung	Partielle Sättigung	Relative Sättigung	Partiardruck des O der Luft	Temperatur
2.31	1.96	0.85	16.5 Mm. 14.1 »	10.2° C.
»	1.61	0.7	15.6 14.9	»

Es geht auch aus diesem Versuche mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit hervor, dass eine Oxyhämoglobinlösung unter einem gewissen O-Druck, dessen oberste Grenze kaum über 20 Mm. liegen kann, chemisch gebundenen Sauerstoff abgiebt; die relative Sättigung 0.7 lässt sich wohl kaum von einer Zersetzung erklären; die Zersetzung konnte, wie mir schien, nur höchst minimal gewesen sein; jedenfalls liess sich in der Lösung keine Spur von Zersetzung nachweisen. Es giebt ausserdem mehrere Fälle, in welchen eine verdünnte alkalische Hämoglobinlösung Stundenlang gar keine Spur von Zersetzung zeigt. Gerade in diesem Falle schien die Lösung sehr dauerhaft zu sein; selbst nach der Auspumpung, welche in diesem Versuche ohne nachträglichen Säurezusatz (bei 40° C.) geschah, liess sich keine Spur von Zersetzung nachweisen. Die ausgepumpte Lösung zeigte nämlich nach dem Schütteln mit atmosphärischer Luft sehr starke Oxyhämoglobinstreifen und keinen Hämatinstreifen.

Man kann indessen folgenden Einwand machen. Die Zersetzung kann eine verhältnissmässig ziemlich erhebliche sein, ohne dass sie spectroskopisch nachweisbar ist. Der Hämatin-

streifen ist nämlich nicht sichtbar, wenn die Hämatinlösung eine sehr geringe Concentration hat. Dieser Einwand hat allerdings Berechtigung in Betracht der Erfahrungen, welche ich (und wohl auch Andere) in einem paar Fällen, in welchen ich den Lösungen von Oxyhämoglobin Säure zusetzte, gemacht habe. Fügte ich eine geringe Menge von einer verdünnten Oxalsäurelösung hinzu, so beobachtete ich gar keine Veränderung weder hinsichtlich der Farbe, noch hinsichtlich der Stärke der Absorptionsstreifen; keine Spur von Hämatinstreifen war nachweisbar; fügte ich nun noch mehr Säure hinzu, bis eine schwache Missfärbung eintrat, wurden die Oxyhämoglobinstreifen schwächer; sie waren aber noch deutlich sichtbar; in den ersten Minuten nachher war keine Spur von Hämatinstreifen bemerkbar; erst nach einiger Zeit kam der Hämatinstreifen zum Vorschein, verschwand aber wieder, als ich die so behandelte Lösung mit Wasser verdünnte. Ferner ist zu bemerken, dass in diesem Versuche zwei verschiedenen partiellen Sättigungsgraden gleiche Partiardrücke entsprechen; diess scheint mir ein bedenklicher Umstand zu sein und weist darauf hin, dass die Cautelen, welche bei diesen Versuchen nothwendig werden, ganz ungemein gross sind.

Trotz dieser Einwände glaube ich, wenn man die Ergebnisse beider Versuche zusammenhält, mit hohem Grade von Wahrscheinlichkeit schliessen zu können, dass das Oxyhämoglobin bei ca. 12° C. unterhalb 20 Mm. Druck eine Dissociation erleidet.

Es scheint daher durch diese Versuche ein neuer und wichtiger Stützpunkt für die Annahme geliefert zu sein, dass das Oxyhämoglobin als solches auf irgend eine Weise in den Blutkörperchen enthalten ist. Auf Basis dieser Annahme werde ich die Ergebnisse dieser Versuche mit denjenigen des Blutes vergleichen. Den Versuchen mit der Oxyhämoglobinlösung gemäss stellt sich die Spannung, welche das Hämoglobin bei einem Sättigungsgrade von 0.8 aufweist, auf 15.2 bis 15.8 Mm. bei einer Temperatur von 10—12° C. Nach den Beobachtungen, in welchen das Blut mit sauerstoffhaltiger Luft geschüttelt wurde, stellte sich in denselben Grenzen der Sättigung die Sauerstoffspannung zwischen 17 und 27.5 Mm., bei denjenigen dagegen, in welchen das Blut mit Stickgas geschüttelt wurde, hielt sich für die Sättigungsgrade von 0.8 zu 0.9 die Sauerstoffspannung zwischen 6.6 und 13.9 Mm.; in diesen

beiden Fällen war die Temperatur (ein wenig) höher, als in den eben erörterten Versuchen. Dieses Resultat, wonach in dem ersteren Falle der Partiardruck durchweg um etwas höher, im letzteren dagegen durchweg etwas niedriger ausfiel, als bei der Anwendung einer Hämoglobinlösung, scheint auch darauf hinzuweisen, dass bei der Methode, nach welcher die Sauerstoffspannung in einem Blute bestimmt wird, welches durch Aufnahme von Sauerstoff seinen Druck mit dem freien Gase ausgleicht, zu hoch gefunden wird, während das Umgekehrte eintritt, wenn das Blut gezwungen ist, durch Abgabe von Sauerstoff seinen Druck mit dem in der Umgebung befindlichen auszugleichen. Mit anderen Worten, wir sind vielleicht mit der Zeit auf diesem Wege im Stande, die specifischen Widerstände des Blutplasma und der Blutscheiben beleuchten zu können. Um dieses genauer festzustellen, hatte ich eine grosse Anzahl von Versuchen mit Lösungen von verschiedener Concentration nach derselben Weise anzustellen; andererseits hatte ich auch — ebenso wie in den Versuchen mit dem Blute — reducirtes Hämoglobin mit sauerstofffreier Luft zu schütteln. Zu dem Ende suchte ich Oxyhämoglobin mit Hülfe von ferrum reductum zu reduciren, um Hämoglobin zu bekommen; es gelang mir aber nie, das Hämoglobin vollständig von dem feinvertheilten *) Eisen zu befreien. Die beste Methode, um reducirtes Hämoglobin darzustellen, ist wohl diejenige, die Oxyhämoglobinlösung mittelst eines Wasserstoffstromes zu reduciren. Leider aber sind die Versuche so mühselig und zeitraubend, dass ich Abstand nahm die Sache weiter zu verfolgen; ich bin auf diesem schwierigen Gebiete so oft mit den bittersten Verlusten an Zeit und Arbeitskraft zurückgeschlagen worden, dass ich mich genöthigt sah, die Versuche ad interim aufzugeben.

Durch diese Versuche wird auch die Annahme gestützt, dass das Oxyhämoglobin nicht als eine Verbindung zwischen Hämoglobin- und Sauerstoffatomen, sondern als eine Verbindung zwischen Molekülen anzusehen ist. **) Diese Annahme hat meh-

---

*) Beiläufig bemerke ich, dass die Reduction der Oxyhämoglobinlösung mittelst Eisen unvergleichlich viel schwieriger und langsamer als die Reduction des Blutes erfolgt.

**) Auf diese Annahme haben zuerst die Arbeiten von *Hoppe-Seyler* und *L. Meyer* meine Aufmerksamkeit hingeleitet. — Cfr. auch *O. Nasse*, Pflügers Archiv J. 1870 pag. 212.

rere Erfahrungen als Grundlage. Nach den Untersuchungen von *Preyer* *) ist es wahrscheinlich, dass 1 Molekül Hämoglobin sich mit 1 Molekül Sauerstoff verbindet, nach den Untersuchungen von *L. Meyer* **) und *L. Hermann* ***) ist es wahrscheinlich, dass 1 Molekül Kohlensäure und 1 Molekül Stickstoffoxyd das O-Molekül des Oxyhämoglobin vertritt, während das Sauerstoffmolekül als solches abgeschieden wird, nach den Untersuchungen von *Hoppe-Seyler* ist die Verbindung des O mit Hämoglobin eine lose, nach meinen Untersuchungen nun ist die Affinität des Sauerstoffs zu dem Hämoglobin jedenfalls in den Blutscheiben so gering, dass selbst bei niedriger Temperatur und bei einem nicht ganz unbeträchtlichen O-Druck der Luft Sauerstoff entweicht. Auf Basis unserer jetzigen chemischen Kenntnisse müssen wir demzufolge zu dem Schlusse kommen, dass Oxyhämoglobin als eine Molekularverbindung zu betrachten ist. Der Sauerstoff ist demzufolge bei der Trennung des Oxyhämoglobin in Sauerstoff und Hämoglobin nicht in statu nascenti befindlich, d. h. er wird nicht als Atom, sondern als Molekül †) frei und kann daher nicht anders wirken als der Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Diese Anschauung, welche in meinen Befunden eine Stütze findet, erklärt nun den für das Studium der Oxydationsvorgänge im Organismus höchst wichtigen Befund von *Hoppe-Seyler*, ††) dass weder das Blut, noch das Oxyhämoglobin (im Allgemeinen) ein hohes Oxydationsvermögen besitzen; sie (defibrinirtes Blut, Oxyhämoglobin) vermögen «selbst diejenigen im thierischen Organismus vorhandenen Stoffe nicht zu oxydiren, welche uns als die am leichtesten Sauerstoff aufnehmenden bekannt sind.» Auf Basis der durch

---

*) *Preyer*. Centralblatt für die med. Wissensch. J. 1866 pag. 325.

**) *Lothar Meyer*. De sanguine oxydo carbonico infecto. Vratislaviae. J. 1858. pag. 8.

***) *L. Hermann*. Arch. von Reichert u. du Bois-Reymond. J. 1865. pag. 480.

†) Ueber den Grund, warum das Molekül O viel weniger oxydirend wirkt als das Atom, lässt sich folgende Vorstellung bilden. Zur Herstellung des Moleküls O werden gewisse Bruchtheile von den den Constituenten (den Atomen) innewohnenden Kräften verbraucht, so dass nur gewisse Bruchtheile derselben übrig bleiben, mittelst welcher die zum Molekül verbundenen Atome in Wechselwirkung mit äusseren Agentier können.

††) Med. chem. Unters. Heft 1. J. 1866 pag. 136.

meine Befunde befestigten Annahme, dass Oxyhämoglobin als eine Molekularverbindung zu betrachten ist, lässt sich nach dem Vorhergehenden dieser Befund sehr gut erklären.

Um aber dieser Erklärung einen näheren Halt zu geben, um überhaupt präcise und detaillirte Schlussfolgerungen machen zu können, sind erneute, ausgedehnte und variirte Versuche, in denen die Temperatur ganz constant erhalten wird, nöthig.

Die Versuche müssen ausgedehnt und variirt werden. In dieser Hinsicht werde ich hier hervorheben, dass Versuche mit Lösungen von verschiedener Concentration und Qualität angestellt werden müssen. Es ist nicht unmöglich, dass die Verhältnisse mit der Concentration der Lösung sich verändern; nach den Erfahrungen von *Hoppe-Seyler* wird ein geringeres Volumen O erhalten, »wenn man die Krystalle ausgepresst, oder gar unter 0^{0} getrocknet hat.« *) Ferner ist es sehr gut möglich, dass ein Zusatz von kohlensaurem Natron oder Natron u. s. w. oder Spuren von Alkohol, von denen die Krystalle schwierig ganz zu befreien sind, gewisse Veränderungen herbeiführen; diess ist um so mehr hervorzuheben, als man, um die Nichtkrystallisirbarkeit des Blutfarbstoffs innerhalb der Blutscheiben zu erklären, die Annahme**) macht, dass ein oder mehrere Stoffe der Blutscheiben (Albumin, Lecithin, Cholesterin, kohlensaures Natron (?)) den Blutfarbstoff in einem eigenthümlichen Zustande erhalten, »der aber wohl keine chemische Verbindung ist, aber doch das Krystallisiren dieser Körper hindert.« Wenn diese Annahme hier berechtigt ist, muss sie jedenfalls a priori auch in jenem Falle Berechtigung haben.

In jedem Falle aber würde man sich jedoch so lange zu hüten haben die mit Hämoglobinlösungen gefundenen Zahlen den physiologischen Beobachtungen zu Grunde zu legen, als man keine genaueren Kenntnisse von den Widerständen besitzt, welche der Sauerstoff beim Durchgang durch die Masse der Blutkörperchen und das Blutplasma zu überwinden hat.

---

*) *Hoppe-Seyler*. Med. chem. Unters. Heft 2. J. 1867. pag. 192.

**) *Hoppe-Seyler*. Med.-chem. Unters. J. 1866. pag. 148.

§ 4.

Schlussbemerkungen.

Die physiologische Bedeutung der Experimente, die ich über die Sauerstoffspannung in den Blutscheiben angestellt habe, bedarf im Allgemeinen keiner Umschreibung.

Stellen wir die Frage auf, ob wir mit Hülfe der gefundenen Zahlen etwas Genaueres feststellen können, werden wir bald zu der Ueberzeugung kommen, dass man hier mit der grössten Vorsicht zu verfahren hat.

Erstens haben die von mir gefundenen Zahlen keine Gültigkeit für den Strom des warmen Blutes, weil, wie es auch nach meinen Beobachtungen feststeht, mit der steigenden Temperatur die Spannung sich erhöht, und zweitens deuten die Unregelmässigkeiten der Zahlen noch auf unbekannte Bedingungen für ihre Grösse hin. Dieses letztere scheint indessen von keinem allzugrossen Belang zu sein, weil die Zahlen doch im Wesentlichen mit denjenigen durch eine andere Versuchsmethode erhaltenen — nämlich denjenigen des Hrn. *Holmgreen* — übereinstimmen, das Erste verliert nach den Resultaten der Durchleitungsversuche von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt* jedenfalls z. Th. seine Bedeutung. *) Es ist nämlich ersichtlich, dass die von mir gefundenen Werthe der Sauerstoffspannung ihre volle Verwendung bei einer Beurtheilung der Sauerstoffverluste, welche bei künstlichen in der Luftwärme vorgenommenen Durchleitungen des Blutes durch frische Gewebe stattfinden, finden können. Da nun die Sauerstoffmengen, welche in den Versuchen der obengenannten Forscher von der Gewichtseinheit des Blutes abgegeben wurden, nahezu mit derjenigen übereinstimmen, welche auch im warmen Blutstrome beobachtet wurden, so werden die von mir gefundenen Spannungszahlen um so mehr Werth haben, als wir zum tieferen Verständniss der Oxydationsvorgänge noch sonst geringe Anhaltspunkte für Vermuthungen haben.

Es ist daher erlaubt, auf Grund der von mir erhaltenen Zahlen im Folgenden Betrachtungen anzustellen und bis zu einem gewissen Grade — aber wie eben gesagt nur mit der grössten Vorsicht — Folgerungen zu machen.

---

*) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1868. Leipzig 1869. pag. 43—45.

Diese Untersuchung giebt uns Anhaltspunkte zum Verständniss

a) der Abhängigkeit der Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut des Lungenkreislaufs von dem Sauerstoffgehalt der Lungenluft;

b) der Abhängigkeit der Abgabe des Sauerstoffs aus dem Blute in die Gewebe von dem Sauerstoffgehalt des Blutes.

ad a) Wir haben gesehen, dass die Sättigung der Blutscheiben mit O unterhalb einer gewissen Druckgrenze des O der Luft mit der Verringerung des Druckes abnimmt. Es ist höchst wahrscheinlich gemacht worden, dass diese Druckgrenze bei der Aufnahme des O in das Blut (bei 20—23° C. zwischen 20—35 Mm.) gewöhnlich höher (ca. 10 Mm.) liegt, als diejenige, unterhalb welcher das vollkommen gesättigte Blut chemisch gebundenen O abgiebt (bei 20—23° C. zwischen 15—20 Mm.); es ist demnach zu vermuthen, dass die Grenze bei 40° C. in jenem Falle zwischen 30—40 Mm., in diesem zwischen 20—25 Mm. liegt.

Hieraus folgt, dass der Uebergang des Sauerstoffs aus der Lungenluft in das Blut keineswegs unabhängig von dem Sauerstoffdruck ist. Je höher der Gehalt des venösen Blutes an Sauerstoff und je niedriger der Druck des Sauerstoffs der Luft, um so geringer müssen die Geschwindigkeiten werden, mit welchen der Sauerstoff vom Plasma absorbirt wird und dieser vom Plasma in die Blutscheiben übertritt. Es ist nach meinen Untersuchungen zu vermuthen, dass die Geschwindigkeit des Ueberganges bei demselben Sauerstoffgehalt des venösen Blutes und bei demselben Sauerstoffgehalt der Luft mit bestimmten näher zu erforschenden Eigenthümlichkeiten des Blutes variirt. In dieser Hinsicht spielt muthmaasslich der Gehalt des Blutes an Blutscheiben eine grössere Rolle; es scheint nämlich aus meinen Versuchen hervorzugehen, dass die Druckgrenze bei der Aufnahme des O in das Blut um so höher liegt, je geringer der Gehalt desselben an Blutkörperchen ist, und umgekehrt. Die Annahme ist also nicht ganz unwahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit des Ueberganges ceteris paribus grösser bei kräftigen, als bei schwächlichen (anämischen) Individuen ist.

Auf Basis unserer jetzigen Erfahrungen können wir keine Gesetze aufstellen, nach welchen die Geschwindigkeit des Ueberganges in jedem concreten Falle zu beurtheilen ist; wir

können höchstens lose Vermuthungen äussern; der Weg ist aber eröffnet, auf welchem man möglicherweise hier im Laufe der Zeit zum Ziele gelangen wird.

Dagegen können wir die Grenze, unterhalb welcher anderweitiger Erfahrungen zufolge der Partiardruck des O der Luft nicht herabsinken muss, ohne das Leben binnen ganz kurzer Zeit zu gefährden, in ein klareres Licht stellen. Nach den Untersuchungen von *W. Müller* folgt der Tod der Kaninchen sehr bald bei 3 Proc. O (22.5 Mm. Druck bei 0.75 Meter Barometerstand), nach den Untersuchungen desselben Forschers und denjenigen von *Regnault* und *Reisset* werden die Thiere (Kaninchen, Hunde, Katzen) dem Erstickungstode sehr nahe, wenn der Athmungsraum 4—5 Proc. O (30—37.5 Mm. bei 0.75 Mtr. Barometerstand) enthält. Alle diese Drücke liegen unterhalb oder nahe an der Druckgrenze, unterhalb welcher selbst beim stundenlangen anhaltenden Schütteln bei 40° C. keine vollkommene Sättigung des Blutes mit O eintritt. Wenn man nun bedenkt, dass der Partiardruck des O der Lungenluft in den Alveolen um ca. $^1/_5$—$^1/_6$ geringer als derjenige des O des Athemraumes ist, und dass mit dem Herabsinken des Drucks die Sättigung mehr und mehr unvollkommen wird, so wird es leicht zu verstehen, dass in diesen Fällen der Bedarf des Sauerstoffverbrauchs nicht selbst auf kurze Zeit befriedigt werden kann.

ad b) In den Körpercapillaren, in welchen das Blut mit den sauerstofffreien — wenigstens fast sauerstofffreien — Gewebesäften in innigeren Verkehr kommen, wird eine Abgabe des Sauerstoffs in diese Säfte stattfinden, und die Blutscheiben mehr oder weniger von ihrem lose gebundenen O verlieren. Die Abgabe dieses lose gebundenen O muss nach den Versuchen von mir und *Holmgreen* um so grösser werden, je höher die Temperatur, je grösser der O-Gehalt des Blutes, je grösser der Procentgehalt desselben an Scheiben und je geringer die O-Menge, welche die Gewebesäfte absorbirt enthalten, ist, und umgekehrt. Ich werde mir die Mühe ersparen, diess näher zu erörtern, anderweitige Erfahrungen, z. B. die Durchleitungsversuche von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt*, um den Einfluss der Geschwindigkeit des Blutstromes und des Sauerstoffgehaltes des Blutes auf den Sauerstoffverbrauch zu ermitteln, mit Hülfe meiner Befunde zu beleuchten und Anwendungen auf verschiedene Zustände, z. B. Anämie, Fieber, Entzündung zu machen. Die Erörterungen

können nämlich nur ganz allgemein gehalten werden, sind als solche, wie ich glaube, selbstverständlich, und werden daher keinen weiteren Nutzen bringen.

Es ist vielmehr von Interesse zu erfahren, ob man mit Hülfe der von mir erhaltenen Zahlen darüber Aufschlüsse erhalten kann, ob die Diffusion des Sauerstoffs allein hinreicht, um den Sauerstoffverlust des Organismus zu erklären.

Meine Versuche ergeben ebenso wie *Holmgreens* mit der grössten Wahrscheinlichkeit, dass die Spannung des Sauerstoffs im arteriellen Blut bei 40° C. kaum über 20 Mm. hinausgeht. Aus dieser Zahl lässt sich durch einfache Ueberlegung schliessen, dass die Diffusion an und für sich nie ausreicht, um den Sauerstoffverlust zu decken, welchen das Blut in den Körpercapillaren erleidet. Herr Prof. *Ludwig* hat mir im Laufe dieser Untersuchung ausführliche Betrachtungen hierüber mitgetheilt, die für die Orientirung in dieser Frage von Wichtigkeit sind. Diese Betrachtungen sind die folgenden: Die Gewichtsmassen von Sauerstoff, welche die Scheiben in der Lunge gewinnen, und die, welche sie in den Körpercapillaren verlieren, müssen in der Zeiteinheit einander gleich sein, nach selbstverständlicher Voraussetzung. Die Kräfte, welche der Massenbewegung von Seiten der Diffusion an den genannten Orten zukommen, sind dagegen sehr ungleich. Da die Luft in den Lungen im Mittel mindestens 17 Proc. Sauerstoff enthält, so wird bei einem Barometerdruck von 0.75 Mtr. der mittlere Partiardruck des Sauerstoffs 0.127 Mtr. betragen. Da aber der Partiardruck auf den Scheiben des arteriellen Blutes im Maximum 0.020 Mtr. beträgt, so würde in den Lungen mindestens eine Diffusionsgeschwindigkeit vorhanden sein, welche einem Druckunterschied von 0.107 Mtr. *) entspräche. — Innerhalb der Körpercapillaren würde dagegen der Druckunterschied, welcher der Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs zu Gute käme, nur 0.020 Mtr.

*) Der von mir gemachten Erfahrungen zufolge, nach welchen die vollständige Sättigung des Blutes mit O bei 40° C. höchst wahrscheinlich oberhalb 30 Mm. liegt, hätte man eigentlich anstatt «0.107« »0.097« Mm. zu setzen; diess ist aber nicht nöthig, weil die Betrachtungen sogleich wohl ihre volle Gültigkeit haben, und vielleicht insofern nicht ganz zulässig, als die Spannung der Blutscheiben an und für sich — bei demselben Sättigungsgrade und demselben Blute — mag der Sättigungsgrad durch O-Aufnahme oder O-Abgabe entstanden sein, dieselbe sein muss.

betragen können, wobei die Voraussetzung zu machen ist, dass der Sauerstoff in den Scheiben am venösen Ende der Capillaren dieselbe Spannung besässe, wie in den am arteriellen Ende, und ferner dass in den Gewebesäften kein freier Sauerstoff vorkomme, wie denn letzteres in der That durch alle bisherigen Beobachtungen bestätigt worden ist. Diesem gemäss würde die Geschwindigkeit des Diffusionsstromes in den Körpercapillaren fünfmal und die Dichtigkeit des durchströmenden Sauerstoffs sechsmal kleiner sein, als in den gleichnamigen Gefässabschnitten der Lungen; daraus folgt dann weiter, dass, wenn die in der Zeiteinheit zu den Blutscheiben in der Lunge strömende Sauerstoffmasse gleich 1.00 gesetzt würde, die von den Blutscheiben zu den Gewebesäften diffundirende Sauerstoffmasse nur 0.03 betragen würde. Um den grossen Unterschied der Kräfte auszugleichen, welche in der Zeiteinheit diesen an den zwei verschiedenen Orten diffundirenden Sauerstoffströmen zu Gebote stehen, bliebe nur der Ausweg offen, dass die diffundirende Fläche in dem Kreislaufe des Körpers ausserordentlich viel grösser sei, als in dem der Lungen. Mit Rücksicht auf den Blutstrom selbst würde dieses bedeuten, dass die Geschwindigkeit der Blutscheiben in dem Körperkreislauf nur etwa 3 Proc. von derjenigen sei, welche die genannten Gebilde in den Lungencapillaren besitzen. Wollten wir diese Annahme trotz ihrer augenfälligen Unwahrscheinlichkeit gelten lassen, so würde damit doch wenig geholfen sein; denn die Erfahrungen über den Sauerstoffverlust des Blutes, welches durch lebende und überlebende Gewebe strömt, haben gezeigt, dass die von den Scheiben abgegebenen Sauerstoffmengen keineswegs proportional mit der Zeit wachsen, welche sie zu ihrem Durchgang durch die Capillaren verbrauchen. Um ein Beispiel für dieses Verhalten zu geben, genügt es, aus der Abhandlung von *C. Ludwig* und *Al. Schmidt* *) gleich den ersten der auf S. 43 angegebenen Durchleitungsversuche auszuwählen. In ihm wurde dasselbe Blut durch denselben Muskel abwechselnd bald mit grösserer und bald mit geringerer Geschwindigkeit geführt. Als ein Cubikcentimeter Blut 0.44 Minuten im Muskel verweilte, verlor er 0.085 Cubikcentimeter O. Als er dagegen 1.00 Minuten dort

*) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1868 pag. 43.

zubrachte, verlor er 0.087 Centimeter O; daraus würde hervorgehen, dass bei einer Verdoppelung des Aufenthaltes noch kein Zuwachs des Sauerstoffverlustes von 3 Proc. gewonnen wäre. Mit diesem Beispiel stimmen nahezu alle anderen Erfahrungen überein, die auf dem vorgezeichneten Wege gewonnen wurden. Wenn demnach die Blutscheiben in einer Zeiteinheit, die unmittelbar nach ihrem Eintritt in die Capillaren verfliesst, viel mehr Sauerstoff ausgeben, als in einer gleichen späteren, so ist einzusehen, dass die längere Verdunstungszeit nicht ausreichen kann, um den Unterschied der diffusiven Kräfte auszugleichen, welche dem Blute in der Lunge und in den übrigen Geweben zu Gebote stehen.

Statt des eben gewählten Weges lässt sich auch noch ein anderer und zwar mit demselben Erfolge einschlagen. Nach *H. Welcker* *) bieten die in einem Cubikcentimeter Blut enthaltenen Scheiben eine Oberfläche von 6400 □ Centimeter dar. Da diese Fläche mit Plasma bedeckt ist, dessen Absorptionscoëfficient 0.02 beträgt, so beträgt hiermit der Antheil jener Fläche, welcher zum Durchgang des Sauerstoffs dienen kann, 128 □ Centimeter. Nun verliert nach vorliegenden Beobachtungen von *Sczelkow* **) ein Cubikcentimeter Blut beim Durchgang durch die Muskeln 0.120 Cubikcentimeter Sauerstoff von 0° und 1.00 Mtr. Hg-Druck. Dieses Volumen gibt auf 0.020 Mtr. Hg-Druck berechnet, 6.0 Cubikcentimeter, demnach würden durch 1 □ Centimeter Scheibenoberfläche 0.046 Cubikcentimeter Sauerstoff gegangen sein. Mit andern Worten, man hätte sich auf 1 □ Centim. Scheibenfläche eine Schicht von 0.046 Centimeter Höhe, die mit Sauerstoff ausgefüllt wäre, zu denken. Nun kann aus jener Fläche ein Theil Sauerstoff nur dann in das Plasma übergehen, wenn es von dem in einem früheren Zeitabschnitt hervorgetretenen mindestens um 50 gleich grosse Theile vom Plasma entfernt ist, daraus würde folgen, dass der letzte Theil erst dann austreten könnte, wenn der erste sich um 23 Mm. von der Scheibenfläche entfernt hätte. Wie gross müsste nun die Aufenthaltszeit der Blutscheiben in den Capillaren angenommen werden, damit diese Wegstrecke bei den geringen Spannungsunterschieden des Sauerstoffs wirklich durchlaufen würde?

*) Henle und Pfeufer's Zeitschrift Bd. XX. pag. 14.

**) Wiener Sitzungsberichte J. 1862. pag. 200.

Jedem, welcher sich mit Absorptionsversuchen beschäftigt hat, ist es nur zu bekannt, wie langsam die Gasverbreitung durch eine Flüssigkeit stattfindet, und wie sollte es möglich sein, dass diese Geschwindigkeit in den Blutscheiben erreicht würde, die doch jedenfalls wegen ihres Aggregatzustandes noch grössere Widerstände bieten.

Nach diesen Betrachtungen ist es wahrscheinlich, dass die Quantität des freien Sauerstoffs, welcher in die Gewebe übertritt, nur einen Theil der O-Menge, welche zur Oxydation der Umsetzungsproducte verwendet wird, beträgt, dass also O auch auf andere Weise aufgenommen wird. Hier sind, wie mir scheint, nur zwei Möglichkeiten denkbar:

1) reducirende Gewebesubstanzen, welche dicht an die Capillarenwände liegen, entziehen direct den Blutkörperchen O durch ihre chemische Affinität. Diess ist mit Sicherheit anzunehmen, ist aber bis jetzt nicht nachgewiesen worden;
2) leicht oxydable Stoffe in flüssigem Zustande dringen aus den Gewebesäften in das Blut hinein und bemächtigen sich dort des O's. Die Statthaftigkeit einer solchen Annahme ist durch die Versuche von *Al. Schmidt*, *) wonach das Blut leicht oxydable Stoffe enthält, wenn seinen Scheiben die Möglichkeit genommen wurde Sauerstoff aufzunehmen, und die Versuche von *Pflüger* **) gegeben.

Ich habe diese Untersuchung, welche meine Kräfte mehr als ein Jahr ununterbrochen in Anspruch genommen hat, auf Veranlassung des Hrn Prof. *Ludwig* angestellt. Mit der grössten Anerkennung theile ich mit, dass Herr Prof. *Ludwig* mich bei mehreren Gelegenheiten sowohl mit Rath als mit That unterstützt hat, und dass die Herren *Hüfner*, *Miescher* und *Schmiedeberg* mir bei der Darstellung des Hämoglobins wirksam geholfen haben.

*) Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig für J. 1867. Leipzig J. 1868. p. 108 ff.

**) Centralblatt für die medicin. Wissenschaften J. 1867. No. 46. — Pflüger's Archiv für Physiologie. I. 279.

Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark.

Von

Dr. F. Miescher.

Mit 1 Holzschnitt und 4 Tafeln.

Die von *Dittmar* beschriebenen Versuche über die Reizbarkeit der centrifugalen Fasern des Rückenmarks haben gezeigt, mit wie glücklichem Erfolg die vom verlängerten Mark aus vermittelte reflectorische Steigerung des Blutdrucks sich als Reagens auf Sensibilität verwenden lässt. Nicht minder streitig als die Reizbarkeit des Marks ist bis auf den heutigen Tag der Verlauf der sensiblen Leitungsbahnen in diesem Organe geblieben. Nicht nur in einzelnen Detailpuncten, sondern in den gröbsten Hauptzügen stehen sich ungeschlichtete Widersprüche der Beobachter gegenüber. Das neugewonnene Hilfsmittel auch hier nutzbar zu machen, war die Aufgabe einer unter Hrn. Prof. *C. Ludwig's* Anregung, Leitung und Mitwirkung ausgeführten Versuchsreihe.

Der Plan der Untersuchung war, zu constatiren, welchen Einfluss Durchschneidung oder isolirte Erhaltung einzelner Markabschnitte auf die Blutdruckreaction bestimmter unterhalb der Operationsstelle entspringender Nerven ausübe. Diese Versuchsweise liefert in jeder Hinsicht schlagende Resultate natürlich nur da, wo der in das Rückenmark gesetzte Eingriff keine sehr erhebliche Menge von centrifugalen Gefässnerven trifft. Da bekanntlich die überwiegende Mehrzahl der vasomotorischen Fasern beim Kaninchen oberhalb des elften Brustwirbels das Mark verlässt, so haben wir uns auf den Lendentheil und den untersten Brusttheil beschränkt. In höher gelegenen Partien werden positive Resultate immer beweisend, negative nur mit

Vorsicht aufzunehmen sein. Die Nerven, welche zu Gebote standen, waren die nn. ischiadici und lumbales. Erstere geben bei unverletztem Mark und nicht zu sehr geschwächter Herzthätigkeit constant deutliche Reaction, letztere versagen nicht selten, namentlich bei längerer Versuchsdauer und erheblichen Blutverlusten.

Die Anordnung der Apparate war im Ganzen genommen dieselbe, wie bei den *Dittmar*'schen Versuchen, mit einigen allmälig im Verlauf der Versuchsreihe hinzutretenden Modifikationen. Die Thiere, Kaninchen, waren curarisirt und abschüssig gelagert; die Respiration geschah in äusserst regelmässiger Weise durch Maschinenkraft. Der Schwimmer eines mit der Carotis verbundenen Quecksilbermanometers registrirte den Blutdruck auf einen langsam abgewickelten endlosen Papierstreifen, auf welchem gleichzeitig ein federtragendes Pendel die Sekunden angab. Um Gerinnung zu verhüten und etwaige Coagula zu entfernen, war die in der *Sadler*'schen *) Abhandlung beschriebene Vorrichtung auch hier angebracht, mittelst deren von Zeit zu Zeit der ganze Röhrenabschnitt zwischen Canüle und Manometer mit Sodalösung ausgespült wurde. Die Nervenreizung geschah mittelst des *Dubois*'schen Schlittenapparates und mit Electroden von geringem Abstand, auf welche der centrale Nervenstumpf gelegt wurde, durch Luft isolirt. Der Zeitpunct der Einschaltung des Nerven in den sekundären Strom und der Ausschaltung aus demselben wurde mittelst einer von Dr. *Bowditch* angegebenen Vorrichtung gleichfalls auf das Papier verzeichnet: es war ein Winkelhebel mit einer daran befestigten Feder, welcher mit der Einrichtung zum Schluss des Stromes in Verbindung stand. Mit der Stromstärke wurde variirt von 240 mm. Rollenabstand bis zu übereinander geschobenen Spiralen (100 mm.), bei Anwendung eines *Grove*'schen Elements. Mechanische Reizung wurde gleichfalls häufig angewandt, und erwies sich meist als besonders wirksam; schon das Ansetzen der Electroden bei noch nicht geschlossenem Strom wirkte in vielen Fällen. Berührung oder gar Zerrung der Haut musste während des Versuchs sorgfältig vermieden werden, wenn nicht störende unbeabsichtigte Reactionen eintreten sollten. Es gelang auf diese Weise, den Blut-

*) *Sadler*, über den Blutstrom in den Muskeln. Sitzungsberichte der königl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. math.-phys. Classe 1869. p. 192.

druck minutenlang auf derselben Höhe zu halten. Kleinere vorübergehende Hebungen und Senkungen kamen in einem Theil der Versuche vor, das Resultat einzelner Reizungen ist dadurch zweifelhaft geworden. Es versteht sich daher von selbst, dass nur solche Drucksteigerungen in Betracht gezogen wurden, welche die spontanen Schwankungen unzweifelhaft überragten; geringere Hebungen nur dann, wenn der Druck wirklich sehr constant war. Weniger störend als diese vorübergehenden Unregelmässigkeiten ist das allmälige Sinken des Blutdrucks, das im Lauf der meisten Versuche eintrat, und denselben während der etwa halbstündigen Beobachtungszeit oft bis auf die Hälfte erniedrigte.

Hinsichtlich der durch die Nervenreizungen erzeugten Aenderungen der Pulsfrequenz kann ich nur die Angabe von *Dittmar* wiederholen; diese Aenderungen sind zu verwickelt, um sich unter eine einfache Regel bringen zu lassen. Weder die Stärke, noch die Dauer der Reizung, weder die absolute Höhe des Drucks, noch die Raschheit des Steigens oder Fallens steht in einem leicht erkennbaren constanten Verhältniss zur Zahl der Pulsschläge. Verlangsamung kam in meinen Versuchen viel häufiger vor als Beschleunigung; bei geringeren und mässigen Drucksteigerungen fehlte oft jede Wirkung auf die Pulsfrequenz. Sehr bedeutende Verzögerungen, zuweilen unterbrochen durch kurze Perioden der Beschleunigung, zeigten sich namentlich beim Operiren am Marke selbst. Eine deutliche Pulsänderung als Folge sensibler Reizung ohne gleichzeitige Drucksteigerung habe ich niemals constatiren können. Als Kriterium sensibler Erregung sind jedenfalls an Constanz und Empfindlichkeit die Aenderungen des Herzschlages mit der Hebung des Blutdrucks nicht zu vergleichen. Wir haben uns daher zur Entscheidung der gestellten Fragen ausschliesslich auf letztere berufen.

Soweit lassen die Bedingungen unserer Versuche nicht viel mehr zu wünschen übrig, die Schwierigkeiten beginnen erst bei der operativen Technik. Als eine Hauptquelle von Misserfolgen bei Rückenmarkseingriffen ist der Blutverlust bekannt, der schon öfter bei Bloslegung des Markes eintritt. Das Lendenmark ist hiefür noch besonders ungünstig. Das venöse Blut sammelt sich, wie wir uns durch Injectionen überzeugten, in sinusartigen anastomosirenden Canälen, die zwischen Knochen und fibröser Auskleidung des Wirbelraums verlaufen, an der Basis der Wirbel-

bogen. An der Grenze zwischen je zwei Wirbeln gehen dieselben in weite, sehr dünnwandige Blutsäcke über, die sich von der Seite her über das Mark lagern an der Stelle, wo die Nervenwurzeln entspringen. Es ist unmöglich, die knöcherne Hülle an diesen Stellen zu entfernen, ohne diese venösen Räume zu eröffnen. Auch die Substanz des Knochens selbst, namentlich die der hinteren Lendenwirbel, blutet zuweilen stark. Es gelingt zwar in der Regel, mittelst eingestopfter Schwämmchen oder Penghawar selbst heftiger Blutungen schliesslich Herr zu werden, aber oft erst, nachdem Blutdruck und Herzaction in einer Weise gesunken sind, die den Erfolg des Versuches sehr problematisch macht. Mit einiger Sicherheit liessen sich erhebliche Blutverluste bei folgendem Operationsverfahren vermeiden: Im Bereich eines der oberen Lendenwirbel wurde die interspinale Muskulatur nebst dem Periost mit einem halbscharfen Schabinstrumente abgelöst und die mm. lumbodorsales mit Haken etwas von der Wirbelsäule abgezogen. Dann wurde zwischen zwei Dornfortsätzen ein Stück Wirbelbogen mit einer schneidenden Zange entfernt, bis in einer Ausdehnung von 5—8 mm. das Mark in seiner ganzen Breite vorlag; die intervertebralen Blutsäcke waren so vermieden. Will man in der Nähe der Nervenursprünge operiren, so muss man es eben auf die Blutung und deren Bekämpfung ankommen lassen.

An dem so blosgelegten Marke wurden verschiedene Eingriffe versucht, halbseitige Durchschneidungen, Trennungen eines oder beider Hinterstränge etc. Wir kamen aber dabei bald zu der Ueberzeugung, dass die üblichen Verfahren, am Rückenmark zu operiren, weit entfernt sind von der Schärfe und Sicherheit, die bei solchen Versuchen zu wünschen sind. Die Forderung, mit dem Messer eine ganz bestimmte, anatomisch abgesteckte Fasergruppe genau nach den Absichten des Experimentators zu zerstören oder zu erhalten, mag wohl immer frommer Wunsch bleiben. Uebung wird Manches erleichtern; aber wenn man, wie hier, Verletzungen anbringen soll, deren Form und Grösse nicht durch das Auge allein geleitet werden kann, so wird der Zufall immer dabei eine grosse Rolle spielen. Wie kann man z. B. so ohne Weiteres von einer isolirten Durchschneidung der Hinterstränge reden, die auf dem Querschnitt eine tiefe und schmal zulaufende Bucht zwischen den grauen Hinterhörnern bilden? Um so mehr ist zu verlangen, dass die

Ausdehnung einer mit ungenügender Sicherheit gemachten Zerstörung wenigstens nachträglich einer völlig sicheren Controle unterworfen werden könne, um aus der Reihe der Versuche die wirklich schlagenden auszuwählen. An welchen Kennzeichen soll aber bestimmt werden, welches die Ausdehnung nicht nur des Schnittes, sondern auch der angrenzenden Quetschung und Circulationsstörung sei? Namentlich Querschnitte lassen sich bei der zähen Weichheit des Gewebes schwer ohne eine gewisse Zerrung der umgebenden Partien ausführen. Wir glaubten z. B. in einem Falle das Ausbleiben der Reaction einer Durchschneidung der Hinterstränge zuschreiben zu können, bis wir ausgedehnte Blutextravasate in der nicht durchtrennten grauen Substanz bemerkten; die wirkliche Ausdehnung der Verletzung war also hier durchaus unbestimmt.

Diese Schwierigkeiten sind wohl nicht von allen Autoren hinreichend gewürdigt worden. Wir sind indess weit entfernt, denselben ein Verfahren gegenüberzustellen, das die ganze Reihe der einschlagenden Fragen in vorwurfsfreier Weise zu beantworten gestattete. Wir haben uns damit begnügen müssen, wenigstens über einen Hauptpunct der Leitungsfrage mit den neuen Hilfsmitteln unter möglichster Vermeidung der angedeuteten Fehlerquellen einiges Material beizubringen.

Die Frage nach der Bedeutung der weissen und grauen Substanz als Leitungsbahnen ist noch immer nicht endgiltig entschieden. Darin zwar scheint man sich jetzt so ziemlich geeinigt zu haben, dass von einem directen Aufsteigen der hinteren Wurzelfasern in den weissen Strängen bis zum Hirn wenigstens für die weitaus grösste Menge derselben nicht die Rede sein kann; aber über das Schicksal der Bahnen von ihrem Eintritt in die Hinterhörner an bis zum Gehirn divergiren die Angaben sehr. Während nach den Einen die graue Substanz, etwa noch mit Betheiligung der Hinterstränge, die ganze oder beinahe die ganze sensible Leitung übernimmt (*Brown-Séquard*, *Schiff*, *Sanders-Ezn*, *) legen Andere (*Türck*, *Chauveau*, *Hohn*) das Hauptgewicht auf die weisse Masse der Seitenstränge.

---

*) *Schiff*. Muskel- und Nervenphysiologie pag. 251 u. ff.
Brown-Séquard. Recherches sur la voie de transmission des impressions sensitives dans la moëlle épinière lu à la société biologique 21 juill. 1855 — u. a. a. O.
Später hat dann *Brown-Séquard* auch eine geringe Betheiligung der Vorderstränge an der sensiblen Leitung zugegeben.

Die erste Frage wird also sein: Ist irgend eine isolirte Portion weisser Markfasern ohne Beimengung von grauer Substanz im Stande, die sensiblen Erregungen von Nerven zu leiten, welche zu weit entfernt davon entspringen, um noch als Wurzeln in derselben enthalten zu sein? Dieser Forderung haben wir einigermassen genügen können. Das entgegengesetzte Postulat, die Isolirung grauer Substanz, blieb für uns unerreichbar.

Betrachtet man einen erhärteten Querschnitt durch das obere Lendenmark des Kaninchens, so zeigt die räumliche Vertheilung der beiden Substanzen folgendes Verhalten. Im Vergleich zu Vorder- und Hintersträngen zeigen sich die lateralen Markmassen sehr stark entwickelt und bilden reichlich $^3/_5$ der Querschnittsfläche der weissen Substanz. Die Ausdehnung der grauen Hörner beschränkt sich auf etwa $^2/_5$ der Breite des Querschnitts. Denkt man sich (Taf. I. Fig. Ia u. b) auf der Zeichnung eines solchen Schnittes eine Gerade von einer hinteren Seitenfläche aus parallel mit der Medianebene und senkrecht auf die Längsaxe des Marks geführt, so hat man auf der einen Seite derselben blos weisse Fasern des einen Seitenstranges, auf der anderen Seite den Rest mit der gesammten grisea.

Wir haben daher folgendes Versuchsverfahren eingeschlagen. Ein kleines, ca. 8 mm. langes und 2—3 mm. breites Messerchen wurde mit sagittal gerichteter Schneide in die hintere Seitenfläche des Marks oder etwas nach aussen von derselben eingesteckt, so dass es unverrückbar im Knochen festsass. Dann wurde die sensible Reaction der Nerven, deren Bahnen gesucht wurden, geprüft. In der Regel wurde dieselbe wenig oder gar nicht beeinträchtigt gefunden. Hierauf wurde die ganze Markpartie, welche auf der innern Seite des Messers lag, durch-

---

H. Sanders-Ezn. Geleidingsbahnen in het ruggemerg voor de gevoelsindrukken. Groningen 1866.

Türck. Ergebnisse physiologischer Untersuchungen über die einzelnen Stränge des Rückenmarkes. Sitzungsber. der Wiener Ak. VI. pag. 427.

A. Chauveau. De la moëlle épinière considérée comme voie de transmission des impressions sensitives. Comptes rendus I nro. 19. 1857.

E. Hohn. Einige Versuche über den Faserverlauf im Rückenmark. Würzburg 1858.

schnitten, d. h. die ganze eine Hälfte, und von der andern Hälfte die graue Substanz, der Hinterstrang und der Vorderstrang. Unter dem Schutz des Messerchens konnte die Zerstörung so rücksichtslos vorgenommen werden, dass an ihrer Vollständigkeit nicht zu zweifeln war. War das Messerchen richtig eingesteckt, so konnte blos der eine Seitenstrang erhalten bleiben. Was also von sensibler Reaction in den hinteren Nervenwurzeln noch übrig blieb, musste seinen Weg zur medulla oblongata, dem Centrum des Reflexes, durch diese Bahn genommen haben. Weil erst nach gesetzter Nebenverletzung, nach eingestecktem Messer, die Reaction geprüft wurde, konnte der Erfolg mit Sicherheit auf die Durchschneidung selbst bezogen werden. Um über das Gelingen des Versuchs genaue Controle zu üben, wurde das betreffende Markstück mit sammt den Wirbeln und dem darin steckenden Messer in Erhärtungsflüssigkeit gelegt; Alkohol ist hier vorzuziehen. Am erhärteten Präparat wurde der auf der einen Seite des Messers erhaltene Marktheil mikroskopisch untersucht. War auch die Erhärtung nicht immer musterhaft gelungen, so genügte sie doch, um über die An- oder Abwesenheit grauer Substanzreste in dem geprüften Seitenstrang und über die allfällige Grösse dieses Restes Aufschluss zu geben. Es stellte sich nun allerdings heraus, dass von 11 Versuchen, die in dieser Weise angestellt waren, blos zwei ganz rein sind (D und K); in allen andern waren nebst dem Seitenstrang noch mehr oder minder kleine Partikel grauer Substanz erhalten, fast immer einem Vorderhorn zugehörig. Diese grauen Reste, zuweilen blos Spuren, wurden gemessen und mit der Querschnittsfläche der gesammten grisea verglichen. (Das Nähere ist bei der Aufzählung der einzelnen Versuche angeführt.) Die Hinterstränge waren fast immer völlig zerstört.

Alle diese Versuche hatten nun das übereinstimmende Ergebniss, dass nach erfolgter Durchschneidung die Reizung beider nn. ischiadici nach wie vor Blutdrucksteigerung erzeugte.

Dabei handelte es sich durchaus nicht um Spuren, sondern um einen Effect, der, namentlich von dem Nerven auf der Seite der Durchschneidung aus, oft kaum schwächer war als vorher.

Es ist eben erwähnt worden, dass die geprüften weissen Faserportionen sich in vielen Fällen nicht als ganz frei von grauen Fragmenten erwiesen. Nach der Angabe von *Schiff*, *) welchem *Sanders* beistimmt, soll die geringste Spur Vorderhorn, die an den für sich nicht leitenden Vorder- oder Seitensträngen hängen bleibe, noch sensible Leitung vermitteln; auch wir hätten demnach die erhaltene Reaction auf solche Restchen zurückzuführen. Sehen wir ab von Versuch D und K, die schon für sich schlagend sind, und nehmen wir an, *Schiff's* Ansicht wäre richtig, so müsste die Reaction mit Hilfe des isolirten Seitenstrangs um so stärker ausfallen, je grösser das noch anhängende graue Partikel ist. Diess ist keineswegs der Fall. Gerade solche Versuche, wo ziemlich beträchtliche Theile des einen Vorderhorns erhalten waren (F und H), zeigen geringere Reaction, als D, I, G, L, wo nur eine Spur oder gar nichts Graues mehr übrig war. Wie die letztgenannten verhält sich auch B, wo ein merklicher Rest Vorderhorn sich noch fand; die Anwesenheit dieser grauen Fragmente war offenbar gleichgiltig.

Als eine Eigenthümlichkeit einer durch kleine Reste grauer Substanz vermittelten Leitung hat *Schiff* **) ein ungewöhnlich lang dauerndes Stadium der latenten Reizung bezeichnet. Aber die durch den Apparat beschriebenen Papierstreifen, die alle nöthigen Daten enthalten, zeigen in dieser Beziehung keinerlei prägnanten Unterschied zwischen der Reaction vor und nach Durchschneidung des Marks.

Noch deutlicher sprechen indess vier Versuche ((N, O, P, Q), in denen ein dem vorigen entgegengesetztes Verfahren befolgt wurde. In beide Seitenfurchen des Marks wurden auf gleicher Höhe Messerchen eingesteckt, welche an ihrer äusseren Seite die Seitenstränge, zwischen sich die graue Substanz mit den hinteren und vorderen Strängen fassten. Es wurde nun unter dem Schutz der Messer ein Seitenstrang nach dem andern durchschnitten. Nach Durchtrennung auf einer Seite war die Reaction

*) *Schiff*. Nervenphysiologie pag. 242.
**) l. c. pag. 245.

beider nn. ischiadici noch kräftig, nach beidseitigem Schnitt aber auf 0 oder auf ein Minimum reducirt. (Besonders eclatant ist Versuch N.) Es lag durchaus kein Grund vor, anzunehmen, dass das Markstück zwischen den Messern eine Beeinträchtigung erlitten habe, denn die Erregungen der Lumbarnerven pflanzten sich, wie unten erörtert werden soll, noch durch dasselbe fort. Meist wurden auch die nn. ischiadici erst geprüft, nachdem das hiefür gefahrdrohende Einstecken der Messer geschehen war, die Nebenverletzung konnte sich also nicht in störender Weise zur beabsichtigten Hauptverletzung addiren. Eine Ausnahme von diesem Ergebniss macht blos Versuch O; aber die anatomische Controle zeigte, dass die Messerchen unrichtig geführt wurden, dass auf der einen Seite ein merklicher, auf der andern Seite ein sehr grosser Theil des Seitenstrangs erhalten war. Die graue Substanz war in den Versuchen N, P, Q wohl etwas verletzt worden, etwa die äusserste Spitze eines Vorderhorns (Q) oder auch mehr (P); aber ihre grösste Hauptmasse war erhalten und auf einer von beiden Seiten war sie wenigstens immer so ziemlich intact.

Aus der Uebereinstimmung dieser beiden Versuchsreihen geht wohl mit Gewissheit hervor, dass die der reflectorischen Blutdrucksteigerung fähigen centripetalen Bahnen der nn. ischiadici in der Markstrecke zwischen 3. Lendenwurzel und letzter Brustwurzel ganz oder in weit überwiegender Menge in den seitlichen weissen Markmassen der medulla verlaufen.

Wir haben den Ausdruck »sensible Leitung« hier vermieden. Der Einwand mag immerhin noch berechtigt sein, dass die genannte Faserclasse vielleicht mit dem Begriffe der sensiblen Faser nicht genau zusammenfalle, dass die graue Substanz empfindungsleitende Bahnen aus den nn. ischiadici enthalten könne, die nicht oder in anderer Weise auf die vasomotorischen Centra wirken; wir können nur sagen, dass er sich auf nichts unbestritten Thatsächliches stützt. *Schiff* z. B., der die Schmerzleitung durch die graue Substanz befürwortet, würde wenigstens zu beweisen haben, dass Schmerzempfindungen vorkommen, denen keine reflectorische Wirkung auf das Gefässsystem zur Seite steht.

Auch über die Frage der Kreuzung centripetaler Bahnen geben unsere Versuche einigen Aufschluss. Wie schon ange-

führt, war nach Isolirung des einen Seitenstrangs ganz constant Reaction von beiden nn. ischiadici zu erhalten. Der Erfolg von dem Nerven auf der Seite der Durchschneidung war constant stärker, im Vergleich zur Reaction bei unverletztem Mark weniger vermindert, als auf der Seite des erhaltenen weissen Stranges. Zwar dürfen Schlüsse aus der quantitativen Vergleichung der Resultate nur mit Vorsicht gezogen werden. Die notirte Differenz des Anfangsdruckes und des in Folge der Reizung erreichten Druckmaximums mag ein sehr einfaches und daher praktisches Schätzungs-Mass, aber gewiss nicht die ohne Weiteres genau giltige Skala der reflectorischen Leistung sein. Bei gleicher Reizstärke und Dauer wird dieselbe Druckhebung verschiedene Bedeutung haben, jenachdem sie ein sehr flüchtiges Steigen oder ein längeres Verweilen auf der Höhe darstellt. In Betracht zu ziehen sind ferner die Ermüdung der Nervenbahnen und des reflectorischen Organs, sowie die Aenderungen, die im Verlaufe des Versuches der Blutdruck, die Herzaction und somit auch die Reflexerregbarkeit erleiden kann. Zwei aufeinander folgende gleichstarke Reizungen desselben Nerven sind zwar häufig von recht übereinstimmendem (in Versuch G n. ischiad. und lumb. IV. links, in Versuch M n. ischiad. rechts), nicht selten aber auch von verschiedenem Erfolg. (A.) Wenn aber trotz aller Möglichkeiten der Abweichung durch alle Versuche ohne Ausnahme sich herausstellt, dass immer beide nn. ischiadici reagiren und dass constant auf der Seite des conservirten Seitenstrangs der Erfolg stärker beeinträchtigt ist, als auf der Seite der Durchschneidung, so wird daraus wohl der bestimmte Schluss erlaubt sein:

In der Rückenmarkstrecke zwischen letztem Brust- und 3. Lendenwirbel verlaufen die centripetalen Bahnen des linken n. ischiadicus der Mehrzahl nach im rechten, der Minderzahl nach im linken Seitenstrang und umgekehrt.

Es lässt sich nun noch fragen, ob innerhalb der beobachteten Markabtheilung der Grad der Kreuzung ein verschiedener sei, so dass man etwa einen allmäligen Uebergang der Bahnen von der einen Seite auf die andre anzunehmen hätte. Diejenigen Versuche, welche sich für diese Vergleichung eignen, bei welchen die nn. ischiadici beiderseits vor und nach der Duschschneidung mit denselben Reizstärken geprüft wurden, scheinen allerdings

etwas derartiges zu bezeugen. In Versuch B, in welchem am letzten Brustwirbel operirt wurde, hat nach Trennung einer Hälfte die Reaction des einen Nerven in sehr viel stärkerem Verhältnisse abgenommen, als die des andern, während z. B. in I und K, wo die Operationsstellen in der Nähe der 2. und 3. Lendenwurzel lagen, dieser Unterschied, obschon niemals fehlend, sich weniger scharf ausspricht. Ueber diesen Punct sind weitere Versuche nöthig.

Aus den bis dahin angeführten Thatsachen haben sich Aufschlüsse ergeben über das Verhalten sensibler Bahnen in einer Entfernung von mindestens 3—4 Wirbelhöhen vom Eintritt der entsprechenden Wurzeln in das Mark. Ueber die sensible Leitung in grösserer Nähe des Nervenursprungs hofften wir aus denselben Versuchen durch Reizung der obern Lumbarnerven Einiges zu erfahren.

Da die blosgelegten Lendennerven leicht den Grad der Erregbarkeit verlieren, der zu einer deutlichen Blutdruckreaction nöthig ist, so sind negative Ergebnisse nur sehr behutsam zu verwerthen. Ueberblicken wir jedoch, was von positiven Resultaten notirt ist, so sehen wir aus Versuch F, G, H [lumb. II), dass schon in Höhen von 3, 6, 15 mm. über dem Eintritt der Wurzeln Bahnen auf die andere Seite übergetreten sind, während diesem in Versuch H auch gleichseitige Leitung gegenüber steht. Gehen wir von der zunächst hinter der Schnittstelle entspringenden Wurzel zur zweiten und dritten nach hinten über, so begegnet uns dasselbe Verhalten; deutliche Reaction von den nn. lumbales bald hier bald dort, sowohl auf der Schnittseite als auf der Seite des erhaltenen Marktheils. Wir haben also unzweifelhaft schon hier e i n e t h e i l w e i s e K r e u z u n g o d e r V e r m i s c h u n g d e r B a h n e n b e i d e r S e i t e n; über den Grad und das nähere Verhalten dieser Kreuzung der n n. l u m b a l e s erlauben wir uns noch kein Urtheil.

Fragen wir nun genauer, durch welche Abtheilungen des Marks an den geprüften Stellen die Bahnen der Lendennerven verlaufen, so müssen wir sagen, dass wir auf Grund unsrer Versuche keinen Marktheil von der Betheiligung an dieser Leitung ganz ausschliessen können. Zwar in K, wo die Isolation weisser Seitenstrangmasse gelungen war, sind ohne Erfolg die nn. lumb. II, III, IV beiderseits gereizt worden; aber in einem andern gleichfalls gelungenen Versuche D haben wir wenigstens

gleichseitige Leitung vom zweitnächsten Lumbarnerven erhalten. In C, E, F, G, in welchen sämmtlich noch einer oder mehrere der nächsten nn. lumbales hinter der Schnittstelle deutlich reagirten, liess sich allenfalls die Leitung neben dem Seitenstrang noch auf ein Bestehen grauer Substanz beziehen; Vorder- und Hinterstränge waren, wenigstens bei C, G und F, sicher völlig durchtrennt. Von Interesse ist aber ein Ergebniss von N und Q aus unsrer zweiten Reihe, in welcher durch Trennung beider Seitenstränge die Leitung von den nn. ischiadici her ganz oder nahezu aufgehoben war. Als diess erreicht war, gaben nichts desto weniger in N der II und III, in Q der nächste Lumbarnerv hinter der Schnittebene noch sehr deutliche Reaction. Entschieden besteht also hier ein Gegensatz: die von weiter unten herkommenden Bahnen laufen in den äussersten Markpartien, die höher eintretenden ganz oder theilweise mehr in der Nähe der Medianebene. Spätere Beobachtungen werden zu entscheiden haben, bis zu welcher Entfernung man die Fortsetzung einer gegebenen hinteren Nervenwurzel in der grauen Substanz zu suchen hat, in welche sie ohne Zweifel eintritt — wie und wo sich dann der Uebertritt in die zunächst angrenzenden Schichten weisser Fasern, derselben oder der entgegengesetzten Seite, vollzieht. Hier hätten wir nun zunächst an die innersten Fasern der Seitenstränge zu denken (Versuch D), während die Betheiligung der Hinter- und Vorderstränge einstweilen noch fraglich bleiben mag.

Die in Vorstehendem mitgetheilten Beobachtungen haben also wenigstens das Ergebniss, dass den weissen Fasern ihre Rolle als wesentliches centripetales Leitungsorgan, als Verbindungsglied zwischen der grauen Substanz des Rückenmarks und dem Gehirn wieder vindizirt wird. Nicht umsonst beträgt, wie wir uns durch Messungen überzeugten, die weisse Substanz, z. B. am letzten Brust- und ersten Lendenwirbel $^5/_6$—$^9/_{10}$ des ganzen Querschnitts. Und davon machte der nach unsrer Operationsweise isolirte Seitenstrang gegen $^3/_5$ aus.

Einer Erscheinung ist noch nicht erwähnt worden, welche als Folge von operativen Eingriffen in das Mark, namentlich von halbseitigen Durchschneidungen, von vielen Beobachtern geschildert wird, der Hyperästhesie des Hinterkörpers auf der Seite der Durchschneidung. Es war zu erwarten, dass sich

auch diese deutlich ausprägen würde in der Reaction eines n. ischiadicus, der nur noch durch den Seitenstrang der entgegengesetzten Seite mit dem Hirn zusammenhing. Diese Erwartung hat sich nicht erfüllt. Eine Andeutung von vermehrter Reaction findet sich höchstens in Versuch C (rechter n. ischiad. R. A. 18) und in F (lumb. II). In allen andern Fällen blieb bei gleicher Stärke und Dauer des Reizes die Reaction auf der Seite der Durchschneidung sich gleich, oder verminderte sich sogar. Eine unzweifelhafte bedeutende Steigerung der reflectorischen Leistung liess sich niemals constatiren. Man konnte noch vermuthen, dass zwar die Leistungsfähigkeit des Reflexmechanismus nicht erhöht, aber die Erregbarkeit für ganz schwache Reize sich vergrössert hätte. Auch dafür geben die Versuchstabellen keine Belege. — Es mag vorläufig dahingestellt bleiben, ob diess wirklich eine Eigenthümlichkeit unsrer Versuchsanordnung war, oder ob es die Folge einer zu kurzen Beobachtungsdauer (5—20 Minuten nach Durchschneidung des Marks), die der Entwickelung der Hyperästhesie nicht Zeit liess.

Die Controle der Markdurchschneidungen.

Hierzu Tafel I.

Die Bestimmung der gemachten Verletzung geschah theils durch Untersuchung des intact gebliebenen Marktheils auf der einen Seite des eingesteckten Messers, theils durch Prüfung der durchtrennten Partie auf der andern Seite des Messers. Die Erhärtung geschah bei den ersten Versuchen in Chromsäure oder chromsaurem Kali; da diess die Präparate zu sehr mit Eisenrost aus den noch darin sitzenden Messern verunreinigte, wurde später Alkohol gewählt. Die Schnitte wurden mit Carmin gefärbt und mit Kreosot aufgehellt. Das Stück graue Substanz auf der einen oder auf der andern Seite wurde mit dem Prisma gezeichnet.

Als Vergleichsobject dient in den hier vorliegenden Figuren ein nach derselben Erhärtungsweise erhaltener Querschnitt vom Lendenmark eines mittelgrossen Kaninchens an der Grenze zwischen 1. und 2. Lendenwirbel. Auf diesen sind hier die

entsprechend reducirten Zeichnungen der in Frage kommenden grauen Partikel aufgetragen an der Stelle, wo sie nach ihrer Beschaffenheit muthmasslich hingehören. Die deutlichen Markstrahlen und die grossen Zellen lassen sie fast immer als Theile der Vorderhörner erkennen.

Die Zeichnungen können selbstverständlich nur beanspruchen, ein einigermassen annäherndes Bild von der Art und Grösse der Verletzung zu geben.

Versuchsprotokoll.

	R.-A. *	D.R.**	Pulse ***		Druck-Steigerung			
		in Sec.	v.	w.	von	auf	um mm.	in Sec.
Versuch A.								
Kaninchen curarisirt. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Rückenmarks gesteckt auf der Höhe des Ursprungs der letzten Rippe.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	20	12	3,7	3,7	144,4	161,5	17,1	9
Nach Durchschneidung der auf der linken Seite des Messers gelegenen Markpartie:								
2. N. ischiad. links electr. gereizt	18	9	3,5	3,5	123,5	152,0	28,5	9
3. Dasselbe wiederholt	18	12	3,5	3,9	102,6	117,8	15,2	10
Keine störenden Druckschwankungen. Die graue Substanz ist völlig durchschnitten, mit Ausnahme eines Stückchens vom rechten Vorderhorn, das ungefähr $^1/_{15}$ der gesammten grisea beträgt.								
Versuch B.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. unter dem Ansatz der letzten Rippe.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	18	15			78,8	93	14,2	14
2. » » » » »	16	8			59	78	19	10
3. » » rechts » »	18	6			81,7	131	49,3	5
Nach Durchschneidung des Marks links vom Messer:								
4. N. ischiad. links electr. gereizt	16	19			79,8	95	15,2	20
5. » » rechts » »	18	14			76	85,5	9,5	
6. » » » » »	16	12			79,8	95	5,2	
7. » » links » »	16	12			74	81,7	7,7	11
8. » » rechts » »	16	17					0.0	
9. » » » » »	14	18			78	83,6	5,6	5
10. » » links » »	14	24			72,2	83,6	11,4	19
11. » » rechts » »	14	23					0.0	
Die genauere mikroskopische								

* R.-A. bedeutet **Rollen-Abstand.**

** D. R. » **Dauer der Reizung.**

*** **Pulse v. w.** bedeutet **Pulse vor, während der Reizung in der Zeiteinheit.**

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Controle scheitert wegen misslungener Erhärtung. Zum Mindesten hat eine mehr als vollständige Hälftendurchschneidung stattgefunden; als solche mag der Versuch immerhin mitzählen.								
Versuch C.								
Kaninchen cur. Messerchen in die linke Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. über der I. Lumbarwurzel.								
1. Linker N. ischiad. electr. gereizt	20—16	—	—	—	—	—	0.0	
2. » » » » »	12				110	114	4,0	11
3. Rechter » » » »	18		3,2	3,2	104,5	116	11,5	4
Nach Durchschneidung rechts vom Messer:								
4. Rechter N. isch. electr. gereizt	18	10	4,2	4,2	93	106,4	13,4	6
5. Linker » » » »	18—12	11					0.0	
6. » » » » »	12	18	4,0	4,0	99	104,5	5,5	15
7. Rechter » » » »	18	12	3,2	3,0	95	121,6	26,6	19
8. Linker » » » »	10	21	3,2	3,2	87,4	100,7	13,3	15
9. Rechter » » » »	10	36	3,1	3,1	91,2	121,6	30,4	27
10 Wiederholte electr. Reizungen des I., II. und III. Lumbarnerven rechts und des II. n. lumb. links	18—10	8 -- 32					0.0	
11. Linker N. lumb. III. mechanisch gereizt			2,8	2,8	85,5	99	13,5	
12. Dasselbe wiederholt			2,6	2,6	85,5	118	22,5	
13. Rechter N. ischiad. mechanisch und electr. gereizt	14	11	2,5	2,6	85,5	121,4	35,9	
14. Rechter N. isch. electr. gereizt	14	19	2,6	2,6	99	114	15	7
15. Linker » » » »	12—10	21	2,7	2,7	74	102,6	28,6	20
Von der grauen Substanz ist ungefähr 1/9 noch erhalten, ein länglicher Streif vom äussern Rand des linken Vorderhorns. Der Blutdruck zeigt keine störenden Schwankungen.								
Versuch D.								
Kan. cur. Messer in der rechten Seitenfurche des R.-M. eingesteckt, 3 mm. über der I. Lumbarwurzel.								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
1. Rechter N. isch. mechan. gereizt			2,9	1,2	108,3	156	47,7	
2. » » » electrisch »	20—18	20	1,8	1,0 3,3	112	148	36,0	18
3. Linker » » » »	18	5	1,7	3,6	110	144	34,0	5
Nach Durchschneidung des Marks links vom Messer:								
4. Rechter N. ischiad. electr. gereizt	18	30	3,2	3,1	114	128	14,0	
5. Linker » » » »	18	30	1,7	1,9	91	110	19,0	5
6. » » » » »	12	16	2,7	1,6	87	121,6	34,6	16
7. NN. lumbal. II, III, IV beiderseits electrisch gereizt	15	25—35					0.0	
8. N. lumb. II rechts mechan. ger.			1,7	1,4	85,5	104,5	19,0	
9. Linker N. ischiad. mechan. und electrisch gereizt	15		3,1	1,7	83,6	125,4	41,8	
Blutdruck regelmässig, eine kurze Periode mit geringen Schwankungen blieb unbenutzt. Die graue Substanz ist vollständig durchschnitten.								
Versuch E.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 2 mm. über der letzten Thorakalwurzel.								
1. N. lumb. II links electr. gereizt	15	29	2,9	3,0	78	102,6	24,6	19
2. » » III » mech. u. el. ger.	18	11	3,1	2,7	80,4	106,4	26	
3. » » II rechts mechan. ger.			2,8	2,7	80	146	66,0	
4. » » II » electr. »	15	7	2,8	2,4	93	154	61	10
5. » » III » » »	15	7	3,2	2,7	104,5	154	49,5	11
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messer:								
6. N. lumb. II links electr. und mechan. gereizt	15	22	2,8	3,4	76	89	13	17
7. N. lumbal. II links electr. und mechan. gereizt	15	34					0.0	
8. N. lumb. II u. III rechts electr. und mechan. gereizt	15	18					0.0	
9. N. isch. links mech. u. el. ger.	15	12	2,9	3,5	87,4	118	30,6	
10. Dasselbe noch 3mal wiederholt, bei rasch bis auf 38 mm. sinkendem Druck	14—10						0.0	
Blutdruck genügend constant. Von der grauen Substanz ist noch ein nicht unbedeutendes Stück des rechten Vorderhorns erhalten (ungefähr wie im folgenden Versuch).								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Versuch F.								
Kan. cur. Messer in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 4 mm. unter der I. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. II links mechan. ger.			2,8	2,9	85,5	127	41,5	
2. » » II » electrisch »	16	19	2,7	2,1	99	110	11,0	3
3. » » III » mechan. »			3,0	2,2	84	102,6	18,6	
4. » » » » electr. »	16	15	2,8	2,6	89	98	9,0	7
5. » » IV » mechan. »			2,8	2,4	79	102,6	23,6	
6. » » » » electr. »	16	7	2,8	2,2	82,3	99	16,7	6
7. » » II rechts mechan. »			2,6	1,7	80	114	34,0	
8. » » II » electr. »	16	13	2,4	2,0	89,3	100,4	11,1	6
9. » » III » mechan. und electrisch gereizt	16	13	2,4	2,1	81,7	104,5	22,8	
Nach Durchschneidung des Markes links vom Messer:								
10. N. lumb. II links electr. gereizt	16	18	2,4	2,5	72	89,3	17,3	22
11. » » III » » »	15		2,5	2,5	76	85,5	9,5	8
12. » » IV » » »	15	21	2,5	2,6	76	81,7	5,7	7
13. NN. lumbal. II und III rechts electrisch gereizt	15—10	23					0.0	
14. N. lumb. III links electr. gereizt	10	18					0.0	
15. » » IV » » »	10	21	2,3	2,1	49,4	57	7,6	
16. N. ischiad. » » »	15	25	2,3	2,3	47,5	66,5	9,0	26
17. » » rechts » »	15	25	2,2	2,2	42	59	17,0	21
Druck genügend constant. Von der grauen Substanz ist ein grosser Theil des rechten Vorderhorns erhalten.								
Versuch G.								
Grosses Kan. cur. Messerchen in der linken Seitenfurche des Marks, 6 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. II links electrisch und mechanisch gereizt	18	5	3,2	2,8	89,3	116	26,7	5
2. N. lumb. III links electrisch und mechanisch gereizt	18	14	3,6	2,4	85,5	119,7	34,2	
3. N. lumb. IV links mechan. ger.			3,8	2,2	95	135	40,0	
4. » » IV » electr. »	18	12	3,6	3,0	97	108,3	11,3	4
Nach Durchschneidung des Marks rechts vom Messer:								
5. N. lumb. II, III, IV links mechanisch und electrisch gereizt . .	17—16	15—20					0.0	
6. N. lumb. III rechts electr. ger.	16	14	3,6	3,7	53	85,5	32,5	8

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
7. N. lumb. IV rechts mech. ger.			1,7	1,8	57	81,7	24,7	
8. » » » » electr. »	16	11	1,7	1,8	71,3	100,7	29,4	
9. » » II » mechan. u. electrisch gereizt	16	17	2,9	3,3	61	71,3	10,4	
10. N. lumb. III rechts electr. ger.	16	13	2,9	3,3	61	80	19,0	18
11. » » IV » » »	16	9	3,2	3,2	57	85,5	28,5	8
12. NN. lumb. II und III links electrisch gereizt	15	20—24					0.0	
13. N. lumb. IV links electr. gereizt	15	14	2,8	3,0	55	62,7	7,7	8
14. N. ischiad. rechts mech. gereizt			3,2	2,4	76	121,6	45,6	
15. » » » electr. »	18	8	2,9	2,5	87,4	144,4	57,0	6
16. » » links » »	18	13	3,0	2,6 3,4	68,4	104,5	36,1	
17. » » rechts mechan. und electrisch gereizt	18	11	2,2	2,8	57	125,4	68,4	
18. N. ischiad. links electr. gereizt	18	10	3,0	3,0	74	110	36,0	5
19. » » rechts » »	18	25	2,6	3,1	66,5	119,7	53,2	7
Blutdruck genügend constant. Neben dem linken Seitenstrang ist noch ein sehr kleines Stückchen vom linken Vorderhorn erhalten geblieben, wohl kaum 1/20 der gesammten grauen Substanz.								
Versuch H.								
Kan. cur. Messerchen in der linken Seitenfurche, 3 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. lumb. IV links electr. gereizt	14	15	3,2	3,2	78	93,3	15,3	5
2. » » II rechts » »	14	10	3,4	3,6	76	112,3	36,3	
3. » » III » » »	14	17	3,4	3,5	72,4	91	18,6	3
4. » » IV » mechan. »			3,6	3,6	74	87,4	13,4	
Nach Durchschneidung des R.-M. rechts vom Messer:								
5. N. lumb. II links mechan. und electrisch gereizt	14	15	3,4	3,4	55	68,4	13,4	8
6. N. lumb. III links mechan. und electrisch gereizt	14	25	3,8	3,6	55	70,3	15,3	
7. N. lumb. II rechts electr. gereizt	14	21			61	76	15,0	9
8. » » III » » »	14	22			62,7	70,3	7,6	
9. » » IV » » »	14	22			57	83,6	26,6	
10. » » IV links » »	14	18					0.0	
11. N. ischiad. links mechan. »					49,4	64,6	15,2	
12. » » » electr. »	15	22	3,0	3,0	55	72	17,0	15
13. » » rechts mechan. »			3,2	3,2	57	95	38,0	
14. » » » electr. »	18				57	68,6	11,6	
15. N. lumb. IV rechts electr. »	14	20	3,4	3,4	51,3	55	3,7	

	R -A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Von der grauen Substanz ist erhalten geblieben ein Stück vom Rand des rechten Vorderhorns, etwa $1/9$ von der gesammten grisea betragend. Hinterstränge und Vorderstränge sind vollständig durchschnitten.								
Versuch I.								
Kan. cur. Messerchen in die rechte Seitenfurche des Marks gesteckt, 2 mm. über der II. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. links electr. gereizt	18	7			72	125,4	53,4	10
2. » » rechts » »	18	6			81,7	133	51,3	9
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messerchen:								
3. N. ischiad. links electr. gereizt	18	15			95	123,5	28,5	5
4. » » rechts » »	18	16			93	112	19	8
5. » » links » »	12	11			93	114	21	15
6. » » » » »	18	15			93	106,4	13,4	7
7. » » rechts » »	12	12			89,3	102,6	13,3	6
8. » » » » »	12	14			83,6	104,5	20,9	18
Die graue Substanz ist völlig zerstört, mit Ausnahme eines Stückchens vom rechten Vorderhorn ($1/15$ der gesammten grisea). Blutdruck constant genug. Herzschläge schwach.								
Versuch K.								
Kan. cur. Messerchen in der rechten Seitenfurche des Marks.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	10	4,1	2,0	121,6	174,7	53,1	14
2. » » links » »	18	10	3,8	2,7 / 4,1	125,4	178,6	53,2	4
Nach Durchschneidung des R.-M. links vom Messer:								
3. N. ischiad. rechts electr. gereizt	15	22	4,0	4,0	112	135	23	
4. » » links mechan. und electrisch gereizt	15	17	3,6	3,6	106,4	155,8	49,4	
5. NN. lumbal. II, III, IV beiderseits successive electr. gereizt	15—10	15—20					0.0	
6. N. ischiad. rechts electr. gereizt	12	17			102,6	136,8	34,2	22
7. » » links mechan. und electrisch gereizt	12	18			117,8	144,2	26,4	

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
Die graue Substanz ist vollständig zerstört; dem entsprechend auch die innersten Partien des rechten Seitenstrangs, namentlich die Bucht zwischen Vorder- und Hinterhorn, mit in den Schnitt gefallen. Blutdruck genügend constant.								
Versuch L.								
Kan. cur. Messerchen in die linke Seitenfurche gesteckt, 5 mm. über der III. Lumbarwurzel.								
1. N. isch. links electr. gereizt . . .	18	10			106,4	144,4	38,0	15
2. » » rechts mech. und el. ger.	18	10			102,6	159,6	57,0	11
Nach Durchschneidung des Marks rechts vom Messer:								
3. N. isch. links electr. gereizt . . .	14	13			97	112	15,0	5
4. » » rechts mech. u. el. ger.	14	11			93	157,7	64,7	
Graue Substanz fast vollständig durchschnitten; am inneren Rande der erhaltenen Markpartie ist blos ein äusserst schmales Streifchen grisea mikroskopisch nachweisbar.								
Versuch M.								
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen des R.-M. gesteckt und die dazwischen liegende Partie zerstört, 10 mm. unter der II. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18			100,7	140,6	39,9	12
2. » » » » »	18	16	2,8	2,4	104,5	144,4	39,9	
3. » » » mechan. »					119,7	154	34,3	
4. » » links electr. »	18	14	3,3	2,7	125,4	154	28,6	14
Auf der einen Seite ist gar keine graue Substanz intact geblieben, auf der andern Seite wohl über die Hälfte derselben. Dennoch kein sehr auffallender Gegensatz in der Reaction der beiden Nerven bemerklich. Blutdruck genügend regelmässig.								

Versuche mit Durchschneidung der Seitenstränge

unter Erhaltung der grauen Substanz.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	Druck-Steigerung auf	Druck-Steigerung um mm.	Druck-Steigerung in Sec.
Versuch N.								
Grosses, sehr reizbares Kaninchen cur. Bei intactem, an einer Stelle blosgelegtem Mark:								
1. N. ischiad. electr. gereizt links	18	8			114 *	höher als 167	53	
2. » » » » rechts	18	3			121,6	höher als 167	45,4	4
Messerchen in die rechte Seitenfurche des R.-M. gesteckt, 5 mm. über der II. Lumbarwurzel und nach aussen (rechts) von demselben das Mark durchschnitten.								
3. N. ischiad. rechts mechan. ger.					110,2	höher als 163,4	53,2	
4. » » links electr. »	18	5			117,8	165,3	47,5	5
Messerchen in die linke Seitenfurche gesteckt, 1 mm. höher als das vorige und aussen (links) von demselben durchschnitten.								
5. N. ischiad. links electr. gereizt	18	22			108,3	114	5,7	15
6. » » rechts » »	18	21			97	106,4	9,4	15
7. NN. lumbal. III und IV rechts electrisch gereizt	18—12	20—25					0.0	
8. N. lumb. III links elect. gereizt	12	20			70,3	95	24,7	8
9. » » IV » » und mechanisch gereizt	12	18			70,3	89,3	19,0	7
10. N. ischiad. links electr. gereizt	12	22			76**	81,7	5,7	
11. » » rechts » »	12	20			76	79,8	3,8	20
Von der grauen Substanz ist blos durchschnitten der äussere Theil von der Spitze des linken Vorderhorns und eine Spur								

*) Bei No. 1. 2. 3. stieg die Quecksilbersäule so rasch und heftig, dass der Hahn des Manometers geschlossen werden musste; die angegebene Höhe bezeichnet die Steigung bis zum Hahnschluss. Der Erfolg von Reizung 4. ist daher niedriger zu taxiren, weil kein Schluss des Hahns nöthig war.

**) Auch diese Spur von Steigung zweifelhaft.

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
vom äusseren Rande des rechten Hinterhorns. Mindestens 7/8 der gesammten grisea sind intact geblieben, nebst den innersten Partien beider Seitenstränge. Intact sind ferner beide Hinter- und Vorderstränge. Blutdruck genügend constant.								
Versuch O.								
Kan. cur. Messerchen beiderseits in die Seitenpartie des R.-M. gesteckt, 9 mm. unter der I. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18	3,0	3,0	93	104,5	11,5	18
2. » » » » »	15	22			72,2	100,7	28,5	20
3. » » links » und mechanisch gereizt	15	15			49,4	68,4	19	
Blutdruck und Herzaction sehr gesunken. Nach Durchschneidung der beiden durch die Messer abgegrenzten Aussenpartien des Marks:								
4. N. ischiad. links	15	20					0.0	
5. » » rechts electr. gereizt	15	20			43,7	53,2	9,5	22
6. » » » » »	15	30			22,8	39	16,2	20
7. » » links » »	15	19			21	24,7	3,7	
Graue Substanz ganz intact. Seitenstränge, namentlich der linke, nur sehr unvollständig durchschnitten. Herzaction anfangs kräftig, von Reizung 3. an sehr gesunken. Blutdruck ohne störende Schwankung, obwohl stark fallend.								
Versuch P.								
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen des Marks gesteckt, 2 mm. über der III. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	18			68,4	98,8	30,4	
2. » » links » »	18	19			72,2	89,3	17,1	10
Nach Durchschneidung des r e c h t e n Seitenstrangs nach								

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
aussen vom rechts eingesteckten Messer:								
3. N. ischiad. rechts mechan. und electr. gereizt	18	20			49,4	87,4	38,0	16
4. N. ischiad. links electr. gereizt .	18	20			53,2	76	22,8	14
Nach Durchschneidung des linken Seitenstrangs nach aussen vom links eingesteckten Messer:								
5. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	17			49,4	57	7,6	
6. NN. » » und links electrisch gereizt	18—15	20—25			Zweifelhafte Spur innerhalb der Grenzen der normalen Schwankungen.			
Die linke graue Substanz ist völlig intact. Von der rechten grauen Substanz ist die äussere Hälfte beider Hörner durchschnitten. Der Seitenstrang ist rechts völlig getrennt, links sind die innersten Partien desselben erhalten geblieben. Vorder- und Hinterstränge sind fast völlig intact. Der Blutdruck zeigt namentlich gegen Ende des Versuchs spontane Schwankungen von höchstens 8—10 mm. Daher der spurenweise Erfolg von Reizung 5 und 6 problematisch.								
Versuch Q.								
Kan. cur. Messerchen in beide Seitenfurchen gesteckt, 4 mm. über der III. Lumbarwurzel.								
1. N. ischiad. rechts electr. gereizt	18	16			83,6	112	28,4	12
2. » » links » »	18	16			76	114	38	12
3. Durchschneidung des rechten Seitenstrangs nach aussen vom rechten Messer:	—	—	—	—	79,8	100,7	20,9	
4. N. ischiad. links electr. gereizt	18	20			68,4	76	7,6	16
5. » » rechts » »	15	15			59	72,2	13,2	8
6. » » links » »	15	15			57	79,8	22,8	15
7. Durchschneidung des linken Seitenstranges					57	91,2	34,2	
8. N. ischiad. rechts und links successive electr. gereizt. . . .	15	18—22					0.0	

	R.-A.	D. R. in Sec.	Pulse v.	Pulse w.	Druck-Steigerung von	auf	um mm.	in Sec.
9. N. lumb. II. rechts electr. gereizt	15	34			47,5	57	9,5	17
10. » » » links » »	15	30			41,8	66,5	24,7	15
11. » » » rechts » »	15	26			47,5	68,4	20,9	12
Von der grauen Substanz ist nur ein Stückchen vom äussersten Rand der Spitze des linken Vorderhorns zerstört, kaum $^1/_{20}$ ihres gesammten Querschnitts. Hinterstränge und Vorderstränge intact; von den Seitensträngen die innersten Partien, doch lange nicht so viel, als bei Versuch O. Blutdruck regelmässig genug.								

Tafel I

I

a

t

v

v

O

A

G

Q

J

..gsberichte d. K. sächs. Ges. d. Wiss.
Zur Abhandlung v. F. Miescher.

M. Tafel II.

Lith. Anst. v. J. G. Bach Leipzig

he Reitzung.

Sitzungsberichte d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1870
zur Abhandlung v. F. Miescher.

H K

Nerven d. gereizt. Seite: links | rechts | links | links | rechts

60 50 40 30 20 10 0

Vor der Durchschneidung bei eingestecktem Messer.

II IV IV | II III IV | IV

Reitzdauer in Sec. 14 12 | 10 17 | 15

Rollenabst. in Cm. 18 M 18 | 14 14 M | 14

50 40 30 20 10 0

Nach der Durchschneidung.

IV II III IV | II III IV IV | II III IV | II III IV | II III IV

Reitzdauer in Sec. 20 14 | 21 22 20 | 15 18 | 15 – 20 | 15 – 20

Rollenabst. in Cm. 15 15 | 14 14 14 | 14 M M 14 | 15 10 | 15 10

Seite des Markes. erhalten | durchschnitten | erhalten | durchschnitten | erhalten

D... werden.

D... deutet mechan. Reitzung.

D...

Folgen der Reitzung d. n. lumbales.
Die lateinischen Ziffern = den Ordnungs Nº. d. lumbales.

N Q

Nervend. rechts | links | rechts | links

Nach... stech... serch... schne... Mar...

50 40 30 20 10 0

Reitzd... Rollen...

Nach... des ei... strang... weitig... schrift... zeichn...

50 40 30 20 10 0

Reitzd... Rollen...

Nach... des zwe... strang... Uebers... II beze...

	III	IV	III	IV	II	II	II
Reitzd...	20	20	20	18	34	26	30
Rollen...	12	12	12	12M	15	15	15

20 10 0

Zur Abhandlung v. F. Miescher.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I. Fig. 1.a stellt ein Stück aus dem obern Drittheil des Lendenmarks vom Kaninchen dar. Wenn in dasselbe ein Messerchen, und zwar in die Ursprungsfurche der hintern Nervenwurzeln gesteckt wird (v. v) und gegen den hierdurch erzeugten Spalt ein senkrechter Schnitt (t) geführt wird, so müssen die Theile durchschnitten werden, welche in Fig. 1.b nicht schraffirt sind. Diese letztere Figur, welche in richtigem Verhältniss der Theile vergrössert ist, lässt erkennen, dass von der gesammten Masse des Rückenmarkes nur der Seitenstrang jenseits der Linie v. v. erhalten bleibt, ausgenommen das sehr kleine Stück desselben, welches von dem sehr flachen Bogen zwischen dem grauen Vorder- und Hinterhorn umspannt wird.

In der beabsichtigten Ausdehnung gelang der Schnitt in den Versuchen D und K. In allen übrigen Versuchen blieben dagegen noch Reste der grauen Substanz stehen. Um den Lesern die relative Grösse der Ungenauigkeit zu versinnlichen, habe ich von der grauen Substanz der Versuche A. C. F. G. H. I. L. vergrösserte Copien möglichst genau entworfen. Der schraffirte Theil der grauen Masse war durchschnitten, der weiss gebliebene war dagegen der Zerschneidung entgangen.

Fig. II. Das Kaninchenrückenmark von demselben Orte wie Fig. I. Die Striche vv beiderseits deuten an, dass in der folgenden Versuchsreihe an je eine Ursprungsfurche der hintern Nervenwurzeln ein Messerchen gesteckt und die Seitenstränge des Rückenmarkes nach Angabe der Schnitte t durchschnitten werden sollten.

Den Grad in dem dieses in den Versuchen M. N. O. P. Q. gelungen ist, geben die auf der Tafel gezeichneten Diagramme an. Die schraffirten Theile waren durchschnitten.

Tafel II. III. IV. geben in graphischer Weise die bei den Reizungsversuchen gewonnenen Resultate wieder. Durch die in den Versuchsprotokollen enthaltenen Zahlen und durch die in die Tafeln eingeschriebenen Bemerkungen dürfte für das Verständniss der graphischen Darstellung genügend gesorgt sein.

Experimentelle Beiträge zur Theorie der Harnabsonderung.

Von

C. Ustimowitsch.

Der Bau und die Lage der Säugethierniere gestatten den vivisectorischen Versuchen über Harnabsonderung keine Einsicht in die Zustände und Vorgänge des harnbildenden Apparates selbst. So erhalten wir namentlich keinen Aufschluss über die Drücke und Geschwindigkeiten des Blutstroms im Innern der Niere, über die Füllung und Entleerung der Lymphräume, über die Spannungen des Inhaltes der einzelnen Abschnitte des Harnkanälchen, über die Grösse der Nervenerregung, über die Zusammensetzung des Blutes diesseits und jenseits und über diejenige der übrigen Flüssigkeiten innerhalb der Niere, über etwaige Veränderungen der Endothelwände und des Zellenbelags u. a. m. Dem entsprechend sind wir auf die Erforschung der Beziehungen beschränkt, welche zwischen dem Fehlen und Vorhandensein einer Erregung in den centralen Nervenenden, dem Mehr oder Weniger von harnfähigen Stoffen in dem arteriellen Blute, dem Drucke dieses letztern in der Aorta, den Widerständen für den Harnabfluss in dem Ureter einerseits und anderseits zwischen der Menge und Art des abgesonderten Harnes bestehn. Versuche von der soeben geschilderten Beschaffenheit werden selbstverständlich nur zur Auffindung von sog. empirischen Gesetzen führen können. Aber auch diese verhältnissmässig bescheidene Erwartung würde sich nur dann durch einfache und immer zutreffende Versuche erfüllen lassen, wenn wir nach Belieben eine Absonderung von bestimmter Geschwindigkeit und

Zusammensetzung herbeiführen, festhalten und sie als Ausgangspunkt für weitere Variationen benutzen könnten. Dieses ist uns jedoch wegen der mangelhaften Beherrschung der Bedingungen die an der Harnabsonderung betheiligt sind, unmöglich, denn es treten ausser der einen willkürlich von uns herbeigeführten Veränderung auch noch andere in unbekanntem Grade und aus unbekannten Gründen auf, welche den beabsichtigten Erfolg trüben. Demgemäss werden wir in der Regel uns nur durch die Ausführung grösserer Versuchsreihen, beziehungsweise durch die aus ihnen gezogenen Mittelwerthe die gewünschte Aufklärung zu beschaffen haben. Obwohl mir diese Bedenken nicht entgingen, als mir Hr. Prof. *C. Ludwig* den Vorschlag zu der im Folgenden mitgetheilten Versuchsreihe machte, stand ich doch nicht an sie zu beginnen, theils in Anbetracht der grossen und namentlich praktischen Wichtigkeit unseres Gegenstandes, theils geleitet von der Ueberzeugung dass ein Fortschritt der Methode nur während der Arbeit selbst zu gewinnen sei.

Meine Versuche sind durchweg an Hunden angestellt, die seit mindestens 18 Stunden weder feste noch flüssige Nahrung empfangen hatten. Nüchterne Thiere geben zwar viel weniger Harn als verdauende, aber sie gewähren für den Verlust an Zeit welche die Beobachtung erfordert, grössere Sicherheit für eine gleichmässige Harnabsonderung. An den Thieren wurde bestimmt: das während mehrer Stunden abgeschiedene Harnvolum und in diesem entweder nur der Harnstoff oder das Chlor oder beides; wo es nöthig erschien wurde auch nach Zucker oder Eiweiss gesucht. Neben diesem wurde häufig auch der Druck des Blutes in der a. carotis gemessen. Die Veränderungen die ich an den Thieren in der Absicht anbrachte um den Einfluss derselben auf die Harnabsonderung zu prüfen, bestanden in der Durchschneidung der Nierennerven und des Halsrückenmarkes, in der Einspritzung von Harnstoff oder NaCllösung in die vena jugularis, in der Vergiftung mit Curare. — Vor der Mittheilung der Versuchsreihen selbst werde ich erst angeben, wie ich die genannten Messungen und Variationen des Versuches bewirkt habe.

Aufsammlung des Harns. Sie geschah aus den Ureteren, welche nach der schon wiederholt beschriebenen Weise nahe ihrer Einmündung in die Blase aufgesucht, aus der Unterleibshöhle herausgehoben mit einer Canüle versehn und dann

wieder an ihren Ort zurückgebracht wurden. *) Die Thiere verweilten während der Beobachtungszeit abweichend von dem bei *M. Herrmann* beschriebenen Verfahren in der Rückenlage, weil ihnen bei Curarevergiftung oder nach den Rückenmarkdurchschneidungen das aufrechte Stehen unmöglich gewesen sein würde. Die Zeit der Aufsammlung wurde so lange fortgesetzt bis eine zur Analyse genügende Menge gewonnen war; dann erst ward zu einer Zustandsveränderung des Thieres geschritten. Wurde kein Harn abgesondert, so liess man den Zustand in Folge dessen die Harnstockung bestand meist 1 Stunde und länger dauern bevor eine neue Variation in den Versuch eingeführt ward. — Beim Auffangen des Harns wurden alle Vorsichtsmaassregeln angewendet, deren *M. Herrmann* gedenkt. Um auch der Forderung zu genügen, dass der in dem Abflussröhrchen enthaltene Harn keinen Druck auf den Inhalt des Ureters übe wurde an den über die Bauchdecken hervorragenden Schenkel der ⊥ förmigen Canüle ein Winkelrohr gesetzt, dessen absteigender in das calibrirte Sammelglas freimündender Schenkel gerade so lang war als der aufsteigende der ⊥ Canüle.

Harnanalyse. Den Harnstoff bestimmte ich im Beginn meiner Versuche durch das Verfahren von *Liebig*. Nachdem Herr Dr. *Hüfner* *) die Methode von *Knop* für den Harn nutzbar gemacht zog ich diese ebenso einfache als genaue Bestimmungsweise vor. In weitaus den meisten Fällen erlaubte mir die aufgefangene Menge des Harns die Ausführung von Doppelanalysen. Jede der später aufgeführten Zahlen ist also in der Regel das Mittel aus zwei meist sehr annähernd übereinkommender Bestimmungen. — Das Chlor wurde nach der bekannten Vorschrift von *Mohr* ermittelt. Herr Dr. *Hofmann* theilte mir mit, dass nach den Erfahrungen von *C. Voit* diese Methode den Chlorgehalt des Harns zu hoch angebe, weil sich beim Verbrennen des Harns mit Salpeter Cyan bildet, welches nachträglich in den Silberniederschlag eingeht. Durch diesen bei meinen kleinen Harnmengen schwer zu beseitigenden Uebelstand war allerdings die absolute Menge des Chlors um einen im einzelnen Falle unbekannten Werth erhöht. Diese Erhöhung dürfte jedoch meine aus den

*) Siehe *Max Herrmann*, Wiener Sitzungsberichte mathem.-phys. Classe. 36. Bd. p. 350 und 47. Bd.

**) *Kolbe's* Journal für pract. Chemie 3. Bd.

Analysen gezogenen Schlüsse kaum beeinträchtigen, weil diese sich nur auf den Unterschied des Chlorgehalts zweier auf gleiche Weise behandelter Harnmengen beziehen. — Den Wassergehalt der Harnmengen habe ich nicht besonders bestimmt, weil ich es für erlaubt halte das Volum des ausgeschiedenen Harns seinem Wassergehalte proportional zu setzen, wenn es auf die Vergleichung so grosser Unterschiede, wie sie sich im Folgenden finden ankommt. — Nach dem Zucker habe ich mit *Fehling's* Lösung gesucht. Ich bemerke hier ein und für allemal dass ich niemals bei meinen Prüfungen eine über das Spurweise hinausgehende Reduction bemerkte. Eiweiss ward durch Erhitzen des schwachsauren Harnes oder durch Salpetersäure nachgewiesen.

Bestimmung des arteriellen Blutdruckes. Der Druck des Carotidenblutes ward in bekannter Weise durch das registrirende Manometer gefunden. Entsprechend einer durch viele Stunden hindurch fortgesetzten Aufsammlung des Harns hätte auch die Bestimmung des Blutdruckes stundenlang andauern müssen, da es ja darauf ankommt die aus einer längeren Versuchsperiode abgeleitete mittlere Geschwindigkeit der Harnabsonderung mit dem während derselben Periode bestehenden mittleren Blutdrucke zu vergleichen. Obwohl eine über Stunden sich erstreckende Bestimmung des Blutdruckes sich aus technischen Gründen nicht als unausführbar erweist, so habe ich doch vorgezogen von ihr abzustehn. Mich bewog hiezu die Besorgniss dass der Schaden der hiebei durch die unvermeidlichen Blutverluste und durch das Eindringen von kohlensaurem Natron in den Blutlauf des Thieres entstehen könnte, grösser sein möchte als der Vortheil den ich erlangte. Wenn ein sonst unverändert gebliebenes Thier stundenlang in strenger Ruhe verharrt, so ändert sich voraussichtlich auch sein Blutdruck nicht. Diese Annahme scheint sich durch meine Versuche insofern zu bestätigen als die von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Stunde bestimmten Drücke sehr annähernd gleich gefunden wurden, vorausgesetzt dass in der Zeit zwischen je zwei Bestimmungen keine wesentliche Aenderung in die Lebensbedingungen des Thieres eingeführt worden war. Aus diesem Grunde habe ich mich damit begnügt von $^1/_2$ Stunde zu $^1/_2$ Stunde den Druck etwa 20 Secunden hindurch zu messen. Nur unter gewissen Umständen erwies es sich als nothwendig den Druck öfter zu messen. Zu diesen zählen die Perioden, in welchen das Rückenmark durchschnitten ward.

Unmittelbar nach diesem, zuerst reizend und dann lähmend wirkenden Eingriff ändert sich der Blutdruck sehr merklich, und erst allmählig stellt sich eine für längere Zeit gleichbleibende Höhe desselben ein. Diesem gemäss habe ich in der ersten Zeit nach Vollendung der Rückenmarkdurchschneidung den Druck öfter gemessen. — Ueber die Druckänderungen und die Modifikation seiner Bestimmung während Curarevergiftung und Harnstoffeinspritzung werde ich später noch sprechen.

Vergiftung mit Curare. Nach den Angaben von *Eckhard**) wirkt das Curare je nach den Stadien der Vergiftung sehr ungleich auf die Harnabsonderung. Unmittelbar nach dem Eintritt der Vergiftung stockt dieselbe vollständig; im weitern Verlaufe der Curarelähmung stellt sich das Harnen wieder ein, zunächst jedoch sparsam, dann aber namentlich wenn die Thiere wieder selbstständig zucken reichlicher, so dass schliesslich in der Zeiteinheit mehr Harn abgesondert wird als vor der Vergiftung. Diese Beobachtungen, welche ich in meinen Versuchen im Wesentlichen bestätigt fand, veranlassten zu einer besonders sorgfältigen Anwendung des Curare. Mein Bestreben ging darauf aus den Harn zu gewinnen, welcher während des Höhestadiums der Vergiftung abgesondert war. Als ein leicht zu gewinnendes Kennzeichen für diesen Vergiftungsgrad betrachte ich die Unfähigkeit der Conjunctivalnerven, Reflexe in dem Augenlidschliessen hervorzurufen. Um nur gerade soweit als nöthig zu vergiften spritzte ich durch die vena jugularis absatzweise etwa je 2 Milligram eines wenig stark wirkenden Curare's; nach jeder Dosis wartete ich mehrere Minuten und prüfte darauf die Reflexe des Auges. War die gewünschte Unfähigkeit zur Reaction eingetreten, so begann ich mit dem Versuche. Thiere, welche mit dieser gerade nur zur vollständigen Vergiftung hinreichenden Dosis versehn sind, pflegen gewöhnlich nach einer Stunde wieder die ersten Spuren der Erholung darzubieten. Sowie sich nun bei der öfter angestellten Prüfung der Conjunctiva eben merkbare Bewegungen des Auges resp. des Augenlides einstellten, wurde von neuem eine kleine Dosis des Giftes eingespritzt und dieses geschah so oft und so lange als das Auffangen des Harns dauern sollte. Alle Angaben, welche in den folgenden Blättern niedergelegt sind, beziehen sich desshalb auf die volle Curarenarkose.

*) *C. Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie V. Bd. 166.

Hiemit ist nun keineswegs gesagt, dass der Zustand der motorischen Nerven, insbesondere aber der Gefässnerven in allen meinen Versuchsthieren identisch gewesen sei. Im Gegentheil es bieten sich trotz einer sorgfältigen, den Individualitäten der Thiere scheinbar noch so genau angepassten Dosirung grosse Verschiedenheiten im Verhalten der Gefässnerven. Abgesehn von dem Ausdruck, den diese in der ungleichen Höhe des arteriellen Blutdrucks finden, prägen sie sich unmittelbar sichtbar auch in der verschiedenartigen Röthung der Haut aus. Die haarlosen Stellen der Haut färbten sich nämlich nach der Vergiftung nicht bei jedem Hunde in gleichem Grade roth, eine Erscheinung, welche nur dahin zu deuten ist, dass die Wand der Bauchhautarterien trotz einer scheinbar gleichen Lähmung der willkührlichen Muskelnerven in ungleichem Maasse erschlafft ist. — Aus diesem Grunde ist es von vorneherein wahrscheinlich, dass mit dem Ausdruck »Höhestadium der Curarevergiftung« günstigsten Falls ein Zustand bezeichnet ist, der mit Rücksicht auf die in der Niere stattfindenden Vorgänge von einem zum andern Hunde nur als ein annähernd bestimmter oder unveränderlicher zu bezeichnen ist.

Durchschneidung der Nierennerven. Die Operation wurde im wesentlichen nach den bei *Max Herrmann* beschriebenen Handgriffen ausgeführt. Gewöhnlich ward sie auf der linken Seite unternommen. Fette und allzu grosse Hunde sind für diese Operation nicht geeignet. Die etwas mühseeligere Durchschneidung der Nierennerven habe ich derjenigen des nerv. splanchnicus vorgezogen, weil durch die letztere Operation ausser der Erschlaffung der Nierenarterien auch die der Darmarterien hervorgerufen wird, wodurch, wie bekannt, mancherlei nebensächliche Veränderungen des Blutstroms in der Aorta hervorgerufen werden, die für die Harnabsonderung nicht gleichgiltig sind. Die Durchschneidung der Nierennerven ist übrigens um so leichter ausführbar je weiter entfernt sie von dem Hilus der Niere vorgenommen wird. Da der plexus renalis in dem Bindegewebe verläuft, welches zwischen den grossen Nierengefässen und der Nebenniere ausgespannt ist, so ist die Auffindung derselben sehr erleichtert, sowie man sich die hintere Fläche der Nebenniere als Ausgangspunkt der Aufsuchung auswählt. Ausser der Bequemlichkeit gewährt aber die grössere Entfernung des Operationsfeldes von der Niere noch einen andern gewiss nicht zu

unterschätzenden Vortheil. Dieser besteht darin, dass man sicher das Oedem der bindegewebigen Umgebung der Niere vermeidet, durch welches die Lymphgefässe der Niere ihren Weg nehmen. Dieses Oedem kann aber für die an der Harnabsonderung betheiligten Vorgänge keine gleichgiltige Erscheinung sein, weil es sich in der Regel bis in die Niere selbst, beziehungsweise bis in die Räume zwischen die Harnkanälchen hinein verbreitet. — Die Operation in der unmittelbaren Nähe der Niere führt auch noch ausserdem selbstverständlich zu einer theilweisen Entblössung und somit zu einer Abkühlung der Niere. Nun kann man sich aber leicht davon überzeugen, dass die Abkühlung der Nierenoberfläche von einer Störung des Blutstroms begleitet ist, die allerdings durch die nachfolgende Erwärmung wieder ausgeglichen wird. Die der Abkühlung ausgesetzte Nierenoberfläche nimmt alsbald eine dunkle Farbe an, die erst nach der Wiedererwärmung wie sie u. a. durch die bedeckende Hand erreicht wird, sich in die früher vorhandene hellrothe umwandelt. Diese unzweifelhaft nicht gleichgiltige Störung des Stroms wird durch die von mir empfohlene Modifikation des Durchschneidungsverfahrens ebenfalls vermieden und darum dürfte sie auch aus diesem Grunde den Vorzug verdienen.

Durchschneidung des Rückenmarks. Die Blosslegung des Markes im Bereiche der beiden letzten Halswirbel ist namentlich bei grössern Hunden kein unbedeutender und auch kein leicht auszuführender Eingriff, theils wegen der Mächtigkeit der Muskulatur, welche die Wirbelsäule deckt, und theils wegen der Festigkeit der Wirbelbogen. Da diese Operation schon so ausserordentlich häufig von Andern geübt wurde, so wird eine Beschreibung des Verfahrens nicht nothwendig sein. Bei der Blosslegung der Wirbelsäule bin ich besonders darauf bedacht gewesen die Blutung zu vermeiden, theils durch die sorgfältigste Führung des Messers und durch häufige Unterbindungen, dann aber habe ich auch die Fleischwunde so klein gemacht als es nur irgend mit der Sicherheit des Erfolgs verträglich war. Zur Durchbohrung des Knochens habe ich statt der gewöhnlich benutzten Knochenzange einen eigens für die vorliegenden Verhältnisse gebauten Trepan gebraucht. Wenn mit diesem der mittlere Theil des Bogens durchschnitten und die ausgebohrte Knochenscheibe entfernt war, so ward mit einem feinen Messer die dura mater eröffnet. Nachdem dieses geschehen ward ein gebogenes, starkes

aber scharfes Messer in den Wirbelkanal eingeführt und durch passende Schnitte das Mark vollständig durchgetrennt. Die venose Blutung, die hierauf zu folgen pflegt, stillte ein kleines Schwämmchen das in die austrepanirte Knochenöffnung eingeführt ward. — Zu allen Versuchen, bei welchen das Halsmark durchschnitten werden soll, eignen sich nur junge kräftige Hunde; ältere pflegen in der Regel nach kaum stundenlangem Leben unter stetig fortschreitender Erniedrigung des Blutdruckes zu sterben.

Der Durchschneidung des Halsmarkes liess ich die der beiden n. vagi folgen, weil es öfter vorkommt, dass nach der Trennung des Halsmarkes die Pulsfolge sehr verlangsamt wird, offenbar in Folge der reflectorischen Erregung von Seiten des zerschnittenen Markendes.

Nach Beendigung des Versuchs wurde jedesmal durch eine sorgfältige Section nachgewiesen, ob und inwieweit die Niere und das Rückenmark zerschnitten waren.

Künstliche Respiration. Ein Hund der stundenlang in der Rückenlage zu verharren gezwungen ist kühlt nicht unbeträchtlich ab, insbesondere wenn er wie nach der Curarisirung oder der Markzerschneidung nur durch künstliche Athmung lebendig bleibt. Diese Abkühlung ist von einem unzweifelhaften Einfluss auf die Gefässnerven. Desshalb suchte ich derselben vorzubeugen und zwar dadurch, dass stets nur erwärmte Luft in die Lungen eingeblasen wurde. Zwischen den von der Gasmaschine in höchster Regelmässigkeit getriebenen Blasebalg und die Luftröhre schaltete ich darum ein zinnernes Schlangenrohr ein, das in heiss erhaltenes Wasser versenkt war. Mit dieser Einrichtung gelang es, der Lunge einen Strom von Luft, die zwischen 30⁰ und 40⁰ C. temperirt war, zuzuführen. An kühlen Tagen bedeckte ich auch noch den Körper des Thieres mit einer wollenen Decke. Bei der Anwendung dieser Vorsichtsmaassregeln kühlt denn auch das Thier so wenig ab, dass der befühlenden Hand selbst die haararmen Bauchflächen immer warm erscheinen.

Den Inhalt meiner Beobachtungen fasse ich unter zwei Titeln zusammen.

I. Ueber die untere Grenze des Blutdruckes, bei welcher noch Harn abgesondert wird. — Die Annahme, dass der Druckunterschied zwischen dem Inhalt der

Blutgefässe und dem der Harnkanälchen eine der wesentlichen Ursachen sei, welche die Harnbestandtheile des Blutes aus diesem in die Nierengefässe überführen, stützt sich vorzugsweise auf die Versuche von *Max Herrmann*. Um zu einem Beweise seines aus anatomischen Gründen wahrscheinlichen Satzes zu gelangen erhöht er entweder den Druck des Inhaltes der Harnkanälchen oder er erniedrigt den Druck des Blutes in der a. renalis. Auf beiden Wegen kommt er schliesslich zu Druckgrenzen, bei welchen die Harnabsonderung vollständig stillsteht; ändert er von dieser Grenze aus den Druck in dem Sinne, dass der Druckunterschied zwischen dem Inhalte der Harn- und Blutkanäle vergrössert wird, so tritt ein Wachsthum der Harnabsonderung auf bis endlich ein Punkt erreicht wird, von welchem aus ein weiteres Ansteigen des Druckunterschiedes keine Vermehrung der Harnabsonderung bewirkt. In dieser Versuchsreihe erscheint besonders beachtenswerth: 1. der Druckwerth, auf welchen der Blutstrom in der art. renalis herabgebracht werden muss, wenn bei vollkommen freier Wegsamkeit des Ureters die Harnabsonderung zum Stillstand kommen soll; ist das letztere erreicht, so ist damit keineswegs der Blutstrom durch die Niere unterbrochen, im Gegentheil es geht derselbe noch mit Lebhaftigkeit aus der Niere durch die geöffnete Vene hervor. Hierin liegt also der Beweis, dass der blosse Wechsel des Blutes innerhalb der Niere nicht genügt, um die Absonderung zu unterhalten. — 2. Wenn aber bei normalem Blutstrom in der Nierenarterie der Druck im Ureter gesteigert wird, so hört die Absonderung auf, lange bevor der Ureterennhalt auf die Höhe der Spannung gekommen ist, welche innerhalb des Blutstroms vorkommt. Demnach reicht der arterielle Blutdruck aus, um die Kräfte zu decken, welche der Harnabsonderung zur Verfügung stehn. —

Nach diesen wiederholt bestätigten und leicht zu bestätigenden Thatsachen wird man zugestehn müssen, dass der erwähnte Druckunterschied für die Harnbildung von einer wesentlichen Bedeutung ist, selbst wenn man anerkennen muss, dass derselbe weitaus nicht hinreicht, um alle bei der Harnabsonderung eintretenden Erscheinungen erklärlich zu finden.

Bei meinen Untersuchungen haben sich nun eine Anzahl von Thatsachen ergeben, die für die Bedeutung, welche dem Blutdruck bei der Harnabsonderung zukommt, nicht gleichgiltig sein dürften.

In allen meinen Versuchen war, wie schon erwähnt, dem Ausfluss des Harns aus dem Ureter gar kein Widerstand entgegengesetzt worden. Man konnte desshalb zu glauben geneigt sein, dass der ganze Druck, welcher in den grossen Arterien vorhanden ist, der Harnabsonderung zu Gute käme. Wäre diese Meinung berechtigt, so würde hieraus folgen, dass der zur Harnabsonderung nothwendige Blutdruck ein sehr bedeutender sei, denn ich finde unter meinen Beobachtungen Fälle, in welchen bei dem Drucke von 118 und einmal sogar bei einem solchen von 134 Mm. Hg. stundenlang keine Harnabsonderung erschien.

Erwägen wir jedoch, dass die Geschwindigkeit und die Spannung, mit welcher das Blut jenseits der feinsten Arterienzweige strömt, keineswegs allein abhängt von dem Drucke, der in den grossen Arterien herrscht, sondern ausserdem noch bestimmt wird von dem Verkürzungsgrade der Muskeln in den Wänden der kleinen Arterien, so erkennen wir sogleich, dass nicht der ganze Druck, welcher innerhalb der grossen Gefässe besteht, für die Abscheidung des Harns nutzbar werden kann, sondern nur der Theil desselben, welcher nach Abzug der genannten Widerstände in die Abschnitte der Niere hineinwirkt, welche die Absonderung des Harns besorgen. Dafür, dass diese Annahme der Wahrheit näher kommt, sprechen die Erfolge, welche nach der Durchschneidung der Nierennerven eintreten. Mit dieser Operation werden, wie wir aus anderen Versuchen wissen, die Nervenbahnen durchschnitten, durch welche Erregungen, die im Gehirn erzeugt sind, auf die Muskelringe der Nierenarterie übertragen werden. Wir werden desshalb zu erwarten haben, dass nach der Durchschneidung dieser Leitungswege ein vorher unwirksamer Aortendruck harnabsondernd wirken könne; diese Voraussetzung bestätigt denn auch die Erfahrung. Als Beispiele mögen die folgenden Beobachtungen gelten, welche von curarisirten Hunden entnommen sind. — 1) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 66.5 Mm., die Harnabsonderung stockte während einer Beobachtungszeit von 95 Minuten vollständig; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, war der Druck des Blutes unverändert geblieben, der Harn begann jedoch alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 1.45 Cbc. in je 10 Minuten. — 2) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 118.1 Mm., die Harnabsonderung stockte während

einer Beobachtungszeit von 70 Minuten vollständig; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, schwankte der Druck des Blutes in den darauf folgenden 75 Minuten um 120 Mm. herum, der Harn begann alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 0.44 Cbc. für je 10 Minuten. — 3) Der Druck in der Carotis betrug vor der Nervendurchschneidung 100 Mm., die Harnabsonderung stockte während einer Beobachtungszeit von 55 Minuten; als darauf die Nierennerven durchschnitten waren, betrug der Druck des Blutes 103 Mm., der Harn begann alsbald zu fliessen und zwar mit einer Geschwindigkeit von 0,70 Cbc. in je 10 Minuten.

Diese Beobachtungen sind also in vollkommener Uebereinstimmung mit der Annahme, dass erst in Folge der zunehmenden Nachgiebigkeit der Arterienwand die Drücke der grossen Arterien für die Harnabsonderung nutzbar werden. Da jedoch, wie wir wissen, die vom Gehirne ausgehenden Erregungen keineswegs allein die Ursachen für den erhöhten Tonus der kleinen Arterien abgeben, so wird es erstens nicht auffallen, dass die Durchschneidung der Nierennerven nicht jedesmal eine vermehrte Absonderung zur Folge hat; das Ausbleiben eines positiven Erfolges hat schon früher *Max Herrmann* am unvergifteten Hunde gesehen, an curarisirten Thieren habe ich selbst das nämliche öfter beobachtet.

Andererseits leuchtet im Hinblick auf die veränderliche Widerstandsfähigkeit der Arterienwand ein, dass trotz einer Verminderung des arteriellen Druckes eine Steigerung der Geschwindigkeit, mit welcher der Harn abgesondert wird, eintreten kann, wenn gleichzeitig die Gefässmuskeln in Erschlaffung gerathen. Ungezwungen lassen sich auf diese Weise die Erfolge erklären, welche die Durchschneidung des n. splanchnicus begleiten. Dieser Nerv enthält bekanntlich ebensowohl die Motoren der Nierenarterie als auch die eines Theiles der Darmarterien. In Folge einer Lähmung dieser letzteren pflegt sich nach Durchschneidung des Nerven eine Verminderung des Blutdruckes in der Aorta einzustellen. Bei Kaninchen ist dieses Absinken des Druckes sehr viel bedeutender als bei Hunden. Sieht man z. B. die Zahlen durch, welche *Asp* *) aus einer umfänglichen Versuchsreihe an Hunden gewonnen hat, so findet man, dass der

*) Bericht über die Arbeiten des physiol. Instituts zu Leipzig 1867.

Druck, welcher bei verschiedenen Thieren vor der Durchschneidung 165 bis 104 Mm. Hg. betrug, nach der Durchschneidung auf 103 bis 79 Mm. Hg. herabging; demnach bleibt ein Druck bestehen, der auch nach anderen Erfahrungen noch als durchaus genügend für die Erhaltung einer raschen Harnabsonderung anzusehen ist. Hiemit stimmen nun auch die Thatsachen, welche *Eckhard**) und *Knoll***) nach Durchschneidung der Splanchnici erhalten haben. Die Durchschneidung des genannten Nerven vermehrt nämlich in der Regel bei Hunden die Harnabsonderung, die Zunahme ist jedoch nach ihrem absoluten und relativen Werthe eine sehr veränderliche. Und wenn *Eckhard* findet, dass die Zunahme der Harnabsonderung nach Durchschneidung des genannten Nerven beim Kaninchen eine viel weniger ausgesprochene ist, so erklärt sich dieses im Sinne der Druckhypothese daraus, dass bei diesem Thier die genannte Operation für den arteriellen Blutdruck eine viel eingreifendere ist.

Im ähnlichen Sinne, wie die Durchschneidung des n. splanchnicus, wirkt auch diejenige des Rückenmarks, vorausgesetzt, dass sie im unteren Theile der Halswirbelsäule ausgeführt wird. Der Unterschied der beiden Operationsweisen besteht jedoch darin, dass mit der Durchschneidung des Rückenmarks ausser den Gefässnerven der Nieren und eines Theiles der Gedärme zugleich diejenigen der Haut und sämmtlicher Baucheingeweide gelähmt werden. Der grösseren Ausbreitung des gelähmten Bezirks entsprechend sinkt denn auch der Blutdruck viel tiefer. In den Beobachtungen von *Asp* stieg er nach der Durchschneidung des Halsmarkes zum Mindesten bis auf 50 Mm. herab, und häufig sank er noch weit tiefer. In meinen eigenen Beobachtungen habe ich ihn nach dieser Operation bis auf 18 Mm. herabkommen sehen, ein Werth, bei welchem die operirten Thiere in Verlauf einer Stunde oder noch früher abstarben.

Eckhard beobachtete, dass nach der Durchschneidung des Rückenmarkes innerhalb der letzten Hals- und der ersten Brustwirbel die Harnabsonderung stundenlang beziehungsweise bis zum Tode des Thiers ausblieb, eine Erfahrung, die sich auch in meinen Versuchen bestätigte, vorausgesetzt, dass unmittelbar vor der Durchschneidung keine sehr lebhafte Harnabsonderung be-

---

*) *C. Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie, IV. Bd. 175.

**) *Eckhard*, Beiträge etc. VI. Bd. 42.

standen hat, und weiter vorausgesetzt, dass man die Harnmenge vernachlässigt, welche in den ersten Minuten nach der Rückenmarkdurchschneidung ausfliesst. Da diese noch auf Rechnung der Rückenmarkreizung geschoben werden kann, welche durch den Schnitt herbeigeführt wurde, so könnte man geneigt sein, den Grenzwerth des Druckes, bei welchem in der Hundeniere noch Harn abgesondert wird, auf etwa 50 Mm. Hg. zu setzen.

Bekanntermassen übt jedoch ausser dem Drucke noch ein anderer Umstand einen grossen Einfluss auf die Menge des abgesonderten Harnes, nämlich der Gehalt des Blutes an solchen Stoffen, welche wie der Harnstoff, der Zucker und das Kochsalz leicht in den Harn übergehen. Bevor ich mich also entschloss, den Grenzwerth des harntreibenden Druckes zu 50 Mm. Hg. festgestellt anzusehen, hielt ich es für räthlich, die Harnabsonderung bei Thieren zu beobachten, denen nach der Durchschneidung des Rückenmarks eine Lösung von Harnstoff oder Kochsalz oder von beiden Stoffen gleichzeitig in die Jugularvene eingespritzt war.

Das Ergebniss dieser Versuchsreihe gebe ich ausführlich wieder, weil es nach verschiedenen Richtungen hin wichtig sein dürfte. Bei der Ausführlichkeit der Ueberschriften der Columnen in der folgenden Tabelle wird zum Verständniss derselben nur weniges beizufügen sein. Die Einspritzung des Kochsalzes und des Harnstoffs geschah durch die vena jugularis, beide Lösungen waren möglichst concentrirt genommen, um die Wirkungen der genannten Stoffe im Gegensatz zu denen des Wassers recht scharf hervortreten zu lassen. Eine concentrirte Harnstofflösung zerstört aber die rothen Blutscheiben; um dieses zu vermeiden, wurde durch ein allmäliges Einspritzen die gewünschte Menge beigebracht; ich habe, weil ich so verfuhr, nur in einem einzigen Falle (im sechsten der folgenden Tabelle) Erscheinungen gesehen, die auf eine Lösung der Scheiben schliessen liessen; in diesem enthielt der Harn etwas weniges Eiweiss und zeigte, nachdem er mit Luft geschüttelt war, vor dem Spectralapparat die Streifen des Oxyhaemoglobin. — Um den in Folge der Markdurchschneidung abgesunkenen Blutdruck wieder emporzubringen, habe ich an zwei Thieren die Aorta unterhalb der Nierenarterie unterbunden. Nachdem ich mich jedoch überzeugt hatte, dass hierdurch der beabsichtigte Erfolg gar nicht oder nur sehr vorübergehend erreicht wurde, unterliess ich dieses späterhin.

Versuchs-Nummer	Variation des Versuches	Dauer der Harn-sammlung	In 10 Minuten abgesondert: Harn Cbc.	Harnstoff Gr.	NaCl Gr.	Proc.-Gehalt des Harns an Harnstoff	Mittl. Blutdruck in d. car. während des Aufsamm.
1.	Curarevergiftung	67 Min.	0.00	0.00	0.00	—	84 mm. Hg
	Nieren-Nerven durchs. NaCl eingespr. 3 Gr.	40 »	0.85	—	0.011	—	49 » »
	Halsmark durchschn. NaCl 4 Gr.	70 »	0.30	—	0.002	—	46, später 95 mm. Hg
	Aorta unter d. Niere unterbunden	55 »	0.91	—	0.008	—	42 » »
2.	Curarevergiftung, Halsmark durchschnitten	20 »	0.00	0.00	0.00	—	51 » »
	Harnstoff 5 Gr. u. NaCl 2 Gr. eingespritzt	70 »	0.150	—	—	—	70 » »
	NaCl 4 Gr. eingespritzt	?	0.100	—	—	—	54 » »
	» » »	?	0.00	0.00	0.00	—	34 » »
3.	Rückenmark durchschnitten	35	Kurz nach Durchschndg. noch Harn 3.2 Cbc. später nichts mehr			—	45 » »
	NaCl-Einspritzung 6 Gr.	65 Min.	1.08	0.011	0.008	1.03	40 » »
	Aorta unterbunden	50 »	0.80			—	51, später 46 mm. Hg
4.	Halsmark durchschn.	125 »	0.00	0.00	0.00	—	52 » »
	NaCl-Einspritzung 4 Gr.	70 »	0.89	—	0.027	3.03	48 » »
5.	Hals u. beide Vagi durchschnitten	65 »	0.26	0.002		0.71	51 u. 47
Links	Dasselbe	» »	0.25	0.002		0.75	
Rechts	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	45 »	3.07	0.078	0.016	2.54	74 mm. Hg
Links	» » »	» »	3.66	0.084	0.011	2.63	—
Rechts	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	35 »	3.20	0.072	0.009	2.27	—
Links	in 30 Cbc. Wasser	» »	3.51	0.049	0.008	1.41	—
6.							
Rechts	Unverletzt	45 »	0.36	0.014	—	3.80	141
Links	»	» »	0.31	0.012	—	3.80	—
Rechts	Harnstoff eingespr. 3 Gr.	25 »	1.48	0.033		2.25	164
Links	» » »	» »	0.80	0.020	—	2.40	—
Rechts	Halsmark durchschn.	51 »	0.59	0.040	—	6.80	94 *)
Links	» »	» »	1.37	0.122	—	8.62	68 u. 55 **)
Rechts	Harnstoff eingespr. 4 Gr.	87 »	2.95	0.079	—	2.29	83 mm. Hg
Links	» » »	» »	2.97	0.169	—	5.49	—
Rechts	Harnstoff 3 Gr. mit 12 Cbc. HO	15 »	4.93	0.182	—	3.71	58 mm. Hg
Links			5.20	0.133	—	2.53	—

*) Anfangs 94 mm. Druck mit 1.0 Harn und je 10 m.
**) 68 und 55 mm. Druck mit 1.76 Harn und 10 auf der linken Seite.

Versuchs-Nummer	Variation des Versuches	Dauer der Harn-sammlung	In 10 Minuten abgesondert			Proc.-Gehalt des Harns an Harnstoff	Mittl. Blutdruck in d. car. während des Aufsamm.
			Harn Cbc.	Harn-stoff Gr.	NaCl Gr.		
7.	Halsmark durchschn.	35	0.00	0.00	—	—	19 mm. Hg
	Harnstoff 8 Gr. eingespr.	20	0.00	0.00	—	—	21 » »
	» » »	10	1 Tropfen Harn				21 alsbald todt
8.							
Rechts	Unverletzt	80	0.45	0.017	—	3.89	112 mmHg
Links	»	»	0.25	0.010	—	3.95	—
Rechts	Halsmark durchschn.	65	anfangs ein Paar Tropf.			—	30 —
Links	» »	»	anf. 0.1	84 0.006	sp. 0.0	—	—
	Harnstoffeinspritzung		Beiderseits kein Harn			—	30 —

Wir wollen uns, ehe wir auf die Absonderungserscheinungen eingehen, mit dem Erfolge beschäftigen, welcher nach der Einspritzung des Harnstoffs und des Kochsalzes im Blutstrom hervortritt. Nach jeder ersten Einspritzung des Harnstoffes steigt der Blutdruck um etwa 20 bis 25 Mm. empor, gleichgiltig, ob das Rückenmark erhalten oder durchschnitten wird. Dieses Anwachsen des Druckes kann entweder durch eine Reizung der muskulösen Gefässwände oder durch eine Vergrösserung der Reibung erklärt werden, welche letztere namentlich den an ihrer Oberfläche veränderten Blutscheiben zugeschrieben werden könnte. Die erste der beiden Alternativen dürfte darum als die wahrscheinlichere betrachtet werden, weil die Druckerhöhung eine vorübergehende ist und weil sie nach einer zweiten Injection von Harnstoff ausbleibt, nachdem dieselbe durch eine erste hervorgerufen war. — Eine ähnliche Nebenwirkung, wie sie dem Harnstoff zukommt, zeigt das Kochsalz nicht. Der vor dem Einspritzen vorhandene Blutdruck wird durch das letztere nicht alterirt.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Harnabsonderung selbst über, so sehen wir zunächst, dass die nach der Durchschneidung des Halsmarkes verminderte oder gänzlich aufgehobene Harnabsonderung nach der Einverleibung einer merklichen Kochsalz- oder Harnstoffmenge wieder beschleunigt oder von Neuem hervorgerufen wird.

Diese Thatsache beleuchtet abgesehen von anderen später

zu besprechenden Fragen die Hypothese, welche *Eckhard**) in einer Reihe von Abhandlungen vertheidigt hat. Gestützt auf seine mit grosser Sorgfalt und Ausdauer geführte Untersuchung glaubt sich der genannte Gelehrte dahin aussprechen zu dürfen, dass das Erscheinen und Verschwinden der Harnabsonderung von der Erregung zweier Nervengattungen, eines anregenden und eines hemmenden abhänge. Die Beweisführung beruht insofern ich sie recht verstanden auf den folgenden Thatsachen und Schlüssen. — 1. Ein Stich in den Boden der Rautengrube an der von *Cl. Bernard* bezeichneten Stelle und ebenso eine mechanische Reizung des obersten sympathischen Brustganglions erzeugen unter eigenthümlichen Erscheinungen eine vermehrte Harnabsonderung. — 2. Die Harnabsonderung stockt vollkommen, wenn man das Rückenmark im siebenten Halswirbel oder oberhalb desselben durchschneidet. Diese beiden Erfahrungen lassen, so meint *Eckhard*, verschiedene Erklärungen zu. Zunächst könnte man daran denken, dass die Harnabsonderung nach der Durchschneidung des Halsmarkes desshalb aufhöre, weil durch sie der Blutdruck beträchtlich herabgesetzt werde. Diese Deutung hält er jedoch darum für unzureichend, weil die Durchschneidung des n. splanchnicus, welche doch ebenfalls den Blutdruck beträchtlich herabsetzt, die Harnabsonderung beschleunigt. — Nächstdem könnte die Vermehrung des Harnflusses, welche nach dem Stich in die Rautengrube beobachtet wird, aufgefasst werden als die Folge eines allgemeinen Körperzustandes, durch welchen u. a. harntreibende Stoffe der Niere zugeführt würden, oder wie sonst. Bei dieser Annahme erscheint es *Eckhard* jedoch unerklärlich, warum nach der einseitigen Ausführung des Zuckerstiches die Harnabsonderung nicht gleichmässig auf beiden Nieren, sondern vorzugsweise nur auf derjenigen der verletzten Seite beschleunigt wird. — Reicht aber, wie *Eckhard* meint, die Verminderung des Blutdrucks und die Annahme von der Entstehung eines neuen Körperzustandes nicht aus, um die unter 1. und 2. angeführten Thatsachen zu erklären, so bleibe nichts Anderes übrig, als dass durch irgend welche Nervenbahnen die im Gehirn entstandene Erregung in die Niere getragen werde und dort die Harnabsonderung veranlasse. Mit diesem Erklärungsversuch lassen

*) Beiträge zur Anatomie u. Physiologie, IV. V. u. VI. Bd.

sich denn auch noch die besonderen Erscheinungen in Uebereinstimmung bringen, welche auf den Zuckerstich zu folgen pflegen, namentlich aber die, dass unmittelbar nach der genannten Operation eine Periode stockender oder mindestens verlangsamter Harnsecretion eintrete, aus welcher sich erst allmählich an- und dann auch wieder absteigend eine Polyurie entwickle. In diesem Gang der Erscheinungen spiegele sich der Verlauf einer hemmenden und einer anregenden Nervenreizung wieder. — 3) Die schon öfter erwähnte Erscheinung, dass die Durchschneidung des n. splanchnicus eine Polyurie hervorrufe, deutet *Eckhard* dahin, dass dieser ein Hemmungsnerv für die absondernde Thätigkeit der Niere sei; ausser diesem müsse es aber noch einen zweiten Hemmungsnerven geben, denn die auf den Zuckerstich folgende Periode der Harnstockung bleibt nicht aus, auch wenn der Splanchnicus vorher durchschnitten war, und andererseits gestaltet sich auch der zeitliche Ablauf der vermehrten Harnabsonderung wesentlich verschieden, je nachdem der Zuckerstich oder die Durchschneidung des n. splanchnicus ausgeführt war. — Alle Versuche jedoch, welche *Eckhard* unternahm, um einen Nerven ausserhalb des verlängerten Marks und des ersten Brustganglions zu finden, durch dessen Reizung eine beschleunigte Harnabsonderung erzeugt werden könnte, schlugen fehl, obwohl mit seltener Ausdauer nach einem solchen gesucht wurde. Dagegen gelang es *Eckhard* wiederholt, durch Reizung des peripherischen Rückenmarkstumpfes, namentlich wenn diese eine sogenannte mechanische war, oder wenn vorher die n. splanchnici durchschnitten worden, die aufgehobene Harnabsonderung wieder in den Fluss zu bringen.

Diesen Ausführungen von *Eckhard* treten meine Erfahrungen von zwei Seiten her entgegen. Zunächst ist, wie ich schon oben erwähnte, die Behauptung nicht haltbar, dass die Durchschneidungen der n. splanchnici und die des Halsmarkes für den Blutdruck von gleicher Bedeutung seien. Um aber auch noch meinerseits einen Beitrag zu dem zu liefern, was schon von *Asp* festgestellt war, bestimmte ich an einem Hunde den Blutdruck in der art. carotis; ich fand ihn gleich 154 Mm. Hg.; darauf durchschnitt ich den linken n. splanchnicus und setzte in den Ureter derselben Seite ein Röhrchen. Der wiederholt bestimmte Mitteldruck des Carotidenblutes schwankte nun zwischen 92 und 101 Mm. Hg. Unmittelbar nach der Durchschnei-

dung des n. splanchnicus floss der Harn langsam ab, so dass etwa zwei Stunden hindurch für je 10 Minuten nur 0,5 Cbc. Harn erschien, allmählich aber beschleunigte sich die Harnabsonderung auf den beträchtlichen Werth von 3 Cbc. auf je 10 Minuten. Als nun auch das Halsmark durchschnitten wurde, sank der Blutdruck auf 48 Mm. herab und gleichzeitig verschwand die vorher so bedeutende Absonderung und sie erschien auch während einer mehrstündigen Beobachtung nicht wieder. Man sieht hieraus, dass diese Beobachtung mit den Erfahrungen, keineswegs aber mit den Deutungen übereinstimmt, welche *Eckhard* ähnlichen Versuchen gegeben hat.

Nicht anders verhält es sich mit den Beobachtungen, welche in der auf pag. 443 vorgelegten Tabelle enthalten sind. Man erkennt aus ihnen, dass auch noch nach der Durchschneidung des Rückenmarkes die Harnabsonderung in einem sehr lebhaften Grade fortdauern kann, denn es kommen in ihr Fälle vor, in welchen nach dieser Operation 5 Cbc. Harn für je 10 Minuten von einer Niere abgeschieden wurden. Wollte man also mit *Eckhard* annehmen, dass die absondernde Thätigkeit der Niere unter den unmittelbaren Einfluss eines erregten Nerven gestellt sei, so müsste man zum Mindesten zugestehen, dass die Niere automatische vom Gehirn oder Rückenmark unabhängige Nerven enthalte, ein Satz, gegen welchen sich *Eckhard**) ausdrücklich verwahrt. **)

Man wird aber ohne mit den Thatsachen in Widerspruch zu gerathen, auch noch einen Schritt weiter gehend behaupten dürfen, dass die absondernde Thätigkeit der Niere überhaupt nicht in der Weise von der Nervenerregung abhängig sei, wie dieses bei den Speicheldrüsen der Fall ist. Nach welcher Richtung hin man den Vergleich beider Drüsen beziehungsweise ihre

---

*) l. c. V. Bd. 169 ff.

**) In der pathologischen Litteratur dürften unzweifelhaft Fälle verzeichnet sein, welche für den Menschen dasselbe beweisen, was meine Versuche für den Hund dargethan haben. Degenerationen und Zerschmetterungen in den oberen Theilen des Brust- und den unteren Theilen des Halsmarkes pflegen nicht nothwendig unmittelbar tödtlich zu sein und somit ist Gelegenheit geboten, die Harnabsonderung zu beobachten. In der That finde ich in *Gurlt's* Handbuch von den Knochenbrüchen II. 1 pag. 78, dass nach Wirbel- und Rückenmarkverletzung die Secretion des Urins in den Nieren in der für die Verletzung zunächst folgenden Zeit bisweilen zwar merklich herabgesetzt ist, dass sie aber niemals unterbrochen wird.

Secrete auch vornehmen mag, immer findet sich ein durchschlagender Unterschied, um nicht zu sagen, ein Gegensatz. Desshalb dürfte es kaum zu bezweifeln sein, dass die bedeutungsvollen Thatsachen, welche *Eckhard* bei seinen Lähmungs- und Reizungsversuchen entdeckt hat, in einer mittelbaren Einwirkung des Nervensystems auf die Harnabsonderung z. B. durch den Blutstrom oder den Stoffwechsel ihre Erklärung finden.

In welcher Beziehung steht nun aber der Inhalt der auf pag. 443 vorgelegten Thatsachen zur Druckhypothese? Auf den ersten Blick scheint es, als ob die dort gegebenen Zahlen in keinen Einklang mit derselben zu bringen seien. Unter den dort niedergelegten Beobachtungen ist die sechste am bemerkenswerthesten. Vor der Durchschneidung des Halsmarkes und nach der Injection von drei Gramm Harnstoff war der Blutdruck 164 Mm. Hg. und die auf 10 Minuten berechnete mittlere Harnmenge heider Nieren betrug 1.14 Cbc. Harn mit 0.026 Gramm Harnstoff. Nach Durchschneidung des Halsmarkes schwankte der Druck zwischen 91 und 55 Mm. und das Mittel der Absonderung aus beiden Nieren betrug 0.88 Cbc. Harn mit 0.081 Gramm Harnstoff und später, als zu verschiedenen Zeiten noch 7 Gramm Harnstoff eingespritzt waren, war der Blutdruck constant auf 58 Mm. herabgegangen, während das Mittel der Harnabsonderung aus beiden Nieren 5,1 Cbc. mit 0.157 Gramm Harnstoff betrug. Dieser Fall belehrt uns also, dass trotz eines stetigen Absinkens der Blutdrücke die Harn- und Harnstoffmenge in einem fortwährenden Steigen begriffen sein kann und zwar nicht blos, wenn man die Niere in dem unversehrten und gelähmten Zustande ihrer Nerven vergleicht, sondern auch, wenn man die Beobachtungen mit gelähmten Nerven einander gegenüber stellt.

Bei weiterer Ueberlegung lässt sich jedoch auch die eben besprochene und die ihr ähnlichen Beobachtungen mit der Annahme in Einklang bringen, dass der Druckunterschied zwischen Blut und Harn für die Absonderung der letzteren von durchschlagender Bedeutung sei. Die nächste Aufforderung zu diesem Unternehmen ist schon durch die wiederholt bestätigte Beobachtungsweise von *Max Herrman* gegeben. Nach ihr ist es gar keinem Zweifel unterworfen, dass bei annähernd gleichem Gehalt des Blutes an harnfähigen Stoffen die Abscheidung des Harns mit dem steigenden Unterschiede der oftgenannten Drücke im Wachsen begriffen sei. Warum soll also dieses Abhängig-

keitsverhältniss bei meinen Versuchen ein anderes geworden sein? Zudem scheint es, dass man auch um so mehr berechtigt sei, die Bedeutung des Druckes in den vorliegenden Beobachtungen zu betonen, als ausnahmslos die Harnabsonderung verschwindet oder auf eine unmessbare Menge herabsinkt, wenn der Blutdruck unter die allerdings geringe Höhe von 40 Mm. Hg. heruntergeht. Hierfür berufe ich mich auf die Beobachtung 2, 7 und 8 der vorgelegten Reihe.

Allerdings muss nach diesen Versuchen die Druckhypothese einen Zusatz erfahren, den nämlich, dass die Wirksamkeit des Druckes in einer Abhängigkeit stehe von dem Gehalte des Blutes an harnfähigen Stoffen und zwar in der Art, dass eine gegebene Differenz der Spannungen erst bei einem bestimmten Gehalte des Blutes an Harnbestandtheilen wirkungsfähig werden, beziehungsweise um so mehr Harn liefern könne, je grösser die Anhäufung der Harnbestandtheile im Blute geworden sei. Es dürfte ein lohnendes und wie ich glaube nicht unausführbares Unternehmen sein, die Abhängigkeit der beiden Grössen einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen.

Die Ursache, wesshalb ein grösserer Gehalt des Blutes an Kochsalz, Harnstoff u. s. w. die Wirksamkeit der zur Verfügung stehenden Druckdifferenz erhöht, kann entweder darin gefunden werden, dass der aus den glomerulis abgesonderte Harn auf seinem Wege durch die Harnkanälchen noch weitere Veränderungen erleidet, oder darin, dass die Durchgängigkeit der Häute, welche die glomeruli umgeben, sich ändert, je nachdem in der Blutflüssigkeit mehr oder weniger Harnbestandtheile enthalten sind, wahrscheinlich ist es sogar, dass die beiden angeführten Gründe bei dem Zustandekommen der Erscheinung betheiligt sind. Spätere Untersuchungen müssen hierüber entscheiden.

II. Ueber das Verhältniss der Geschwindigkeit, mit welcher der Harnstoff, die Chlorverbindungen und das Wasser insbesondere während des Höhestadiums der Curarevergiftung abgesondert werden.

Bei einer Vergleichung zweier Harnproben, die von derselben Niere zu verschiedenen Zeiten abgesondert sind, findet man in der Regel, dass weder die Menge, welche von jedem einzelnen der obengenannten Stoffe in der Zeiteinheit abgeschieden wurde, sich unverändert gehalten hat, noch auch dass dieses mit

dem Verhältniss, in welchem sie abgesondert wurden, der Fall war. Die folgenden Mittheilungen sollen einen Beitrag liefern zur Erkenntniss der Bedingungen, von welchen die erwähnten Variationen abhängig sind.

Nach den bis dahin bekannt gewordenen Erfahrungen ändert sich die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers, des Harnstoffs und des Kochsalzes 1) mit dem Drucke in den Arterien, 2) mit der Durchschneidung der Nierennerven, 3) mit den Widerständen, welche dem Abfluss des Harns aus dem Ureter entgegentreten, 4) mit dem Gehalt des Blutes an Stoffen, die in den Harn übergehen können. Ich füge hinzu 5) mit der Anwendung des Curare.

Der Versuch, welcher die Wirkung einer jeden einzelnen der genannten Variablen ermitteln will, hat begreiflich mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil er verlangt, dass alle übrigen an der Harnabsonderung betheiligten Bedingungen unverändert erhalten werden, während nur eine derselben nach Belieben, aber messbar variirt werden soll. Die aus diesem Verlangen fliessenden meist unüberwindlichen Schwierigkeiten mögen ebensowohl daran Schuld sein, wie auch andererseits der Mangel an einer scharfen Stellung der Frage, warum bisher nur wenige Beobachtungen so angestellt worden sind, dass aus ihnen ein für unsere Zwecke brauchbarer Schluss gezogen werden kann. Das Wenige, das wir wissen, dürfte sich, soweit mir bekannt, auf das Folgende beschränken:

1. Wenn der Druck des zur Niere fliessenden Blutes abnimmt, so vermindert sich auch die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers und des Harnstoffes. Das Verhältniss, in welchem sich bei abnehmender Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns die beiden Stoffe zu einander stellen, ist abhängig von dem Harnstoffreichthum des ursprünglichen mit grösster Geschwindigkeit abgeschiedenen Harnes. Ist dieser letztere sehr harnstoffreich (z. B. von 8—13 p. c.), so nimmt bei dem genannten Verhalten des Druckes in der Arterie die Absonderungsgeschwindigkeit des Harnstoffs rascher ab, als die des Wassers; ist dagegen der Harn weniger reich an Harnstoff (von 2—5 p. c.), so nimmt mit dem absinkenden Druck die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers mehr ab als die des Harnstoffs. Dieser Satz ist aus den Beobachtungen von *Max Herrmann* abgeleitet, in welchen die Zusammensetzung von Harnproben be-

stimmt wurden, die während einer steigenden Verengerung der Nierenarterie abgeschieden waren. Die von *Herrmann* beobachteten Aenderungen des Harns sind um so gewisser von der Verengerung des Strombettes abzuleiten, theils weil sie mit der letztern erschienen und verschwanden, und theils weil der gleichzeitig aufgefangene Harn der anderen Seite keine Veränderung in seiner Zusammensetzung darbot. — Aus den wenigen Bestimmungen des Chlors, welche in den eben angeführten Versuchen gleichfalls vorgenommen wurden, ergibt sich, dass mit dem sinkenden Druck auch die Absonderung des Chlors vermindert wird; über das Verhältniss, in welchem dieses zu den anderen Bestandtheilen geschieht, geben die Versuche eine mehrdeutige und desshalb zweifelhafte Auskunft.

2. Die Durchschneidung der Nierennerven beziehungsweise die des n. splanchnicus vermehrt häufig die Absonderungsgeschwindigkeit des Gesammtharns; tritt diese Vermehrung ein, so wächst die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers viel beträchtlicher an als die des Harnstoffs, in Folge dessen der Procentgehalt des Harnstoffs sehr bedeutend abzunehmen pflegt. Dieses geht hervor aus den Versuchen von *Max Herrmann* und *Knoll.* Selbstverständlich müssen die Beobachtungen unbeachtet bleiben, in welchen nach der Nervendurchschneidung im Harne Eiweiss auftrat, weil dieses Vorkommen die Zusammensetzung des Harns an und für sich zu ändern pflegt.

3. Wenn die Widerstände, welche in den Ureter eingesetzt werden, so beträchtlich genommen wurden, dass die Absonderung des Gesammtharns nur noch sehr spärlich erfolgte, so sank die Abscheidung aller Harnbestandtheile, die des Harnstoffs aber sehr viel bedeutender als die des Wassers. Dieses für den Harnstoff ungünstige Verhältniss stellte sich auch ein, wenn der ohne Widerstand ausfliessende Harn einen Gehalt an Harnstoff von 3 Procent darbot. Hieraus geht hervor, dass die Art des Eingriffs, durch welche die Verlangsamung der Gesammtabsonderung erzielt wird, keineswegs gleichgiltig ist für die Zusammensetzung des Harns. Denn wir sahen, dass, wenn die Absonderung eines mässig harnstoffreichen Harns durch die Arterienverengerung herabgesetzt wird, dass dann ein Harn mit grösserm Harnstoffgehalt abgeschieden wurde. Jedenfalls ist es sehr wünschenswerth, dass dieser nur aus wenigen Beobachtungen abgeleitete Satz durch weitere Versuche geprüft werde.

4. Der Gehalt des Blutes an solchen Stoffen, welche in den Harn übergehen, ist, wie schon länger bekannt, für die Geschwindigkeit der Harnabsonderung von der allergrössten Bedeutung. Um zu einem Verständniss der harntreibenden Wirkung der wesentlichsten Harnbestandtheile zu gelangen, dürfte nur die Methode anzuwenden sein, welche *C. Voit**) benutzt hat. Sie besteht darin, dass man mit Ausnahme des einen zu prüfenden Stoffes alle übrigen Bestandtheile der Nahrung nach Art und Menge möglichst unverändert erhält. Nur bei dieser Vorsichtsmassregel kann man hoffen, Aufschluss über die Wirkung des einen in veränderlicher Menge gereichten Nahrungsstoffes zu erhalten. Nach diesem Plane hat *C. Voit* eine Versuchsreihe mit Kochsalze ausgeführt; dem Hunde wurden während einer Beobachtungsdauer von 16 Tagen täglich 1.5 Kilo Fleisch von möglichst gleicher Beschaffenheit verabreicht und diesem entweder gar keins oder 5 oder 10 oder 20 Gramm Kochsalz täglich zugesetzt. Aus der Zusammenstellung der Beobachtungen ergibt sich Folgendes: *)

Eingenommenes Salz in Gramm	Wasser des Harns in Gramm	Differenz des Wassers in Grm.	Wasservermehrung des Harns für 1 Gramm Kochsalz
0,0	828	—	—
5,0	898	70	14,0
10,0	987	159	15,9
20,0	1124	296	14,8

Berechnet man aus der Tabelle, welche dem Werke *Voit's* beigegeben ist, den Procentgehalt des Harns an Kochsalz; so findet man denselben

Eingenommenes Salz in Grm.	Wasser des Harns in Grm.	Kochsalz des Harns in Grm.	Procentgehalt des Harns an Kochsalz
0,0	840	1,0	0,12
5,0	909	6,5	0,72
10,0	987	11,7	1,23
20,0	1131	21,9	1,93

*) Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes etc. auf den Stoffwechsel. München 1860.

**) Für denjenigen Leser, welcher die vorstehenden Zahlen mit denen des Originals vergleicht, bemerke ich, dass die Tabelle auf pag. 65 des *Voit*'schen Werkes einen Druckfehler enthält, indem die Eingänge derselben »mit und ohne Wasseraufnahme« gerade umgekehrt gesetzt sind.

Zu dieser letzteren Zusammenstellung gehört die Bemerkung, dass jede einzelne Zahl das Mittel aus nur drei, nicht aber, wie in der vorhergehenden das Mittel aus je vier Beobachtungen ist. Diese etwas veränderte Berechnung scheint desshalb den Vorzug zu verdienen, weil der erste Tag einer neuen Kochsalzgabe als Uebergangsstadium von einer Kochsalzdiät in eine andere aus bekannten Gründen mit Unregelmässigkeiten behaftet ist.

Aus den beiden vorgeführten Zusammenstellungen ergibt sich, dass, wenn bei sonst unveränderter flüssiger und fester Nahrung die verfütterte Kochsalzmenge vermehrt wird, 1) die Abscheidung des Gesammtharns wächst, 2) dass die Abscheidung des Kochsalzes rascher steigt als die des Wassers, so dass der Procentgehalt des Harns an Kochsalz zunimmt, 3) für je ein Gramm mehr des ausgeschiedenen Kochsalzes wird ein sehr annähernd gleiches Gewicht an Wasser (nämlich zwischen 14 und 16 Gramm) abgesondert.

Das letzte dieser drei Ergebnisse, welches beiläufig gesagt von *Voit* nicht hervorgehoben worden ist, würde, wenn es sich verallgemeinern liesse, von einer fundamentalen Bedeutung für die Theorie der Harnabsonderung werden müssen.

Um zu prüfen, ob sich für den Harnstoff ein entsprechendes Verhalten herausstellt, wird man der methodischen Regel gemäss genöthigt sein, den Thieren Harnstoff einzugeben. Indem ich mir eine nach diesem Plane auszuführende Versuchsreihe für die nächste Zukunft vorbehalte, bemerke ich nur, dass die Einverleibung des Harnstoffs nicht unmittelbar in die Venen wenigstens nicht in grösseren Dosen geschehen darf, weil hierdurch zugleich ein anderer für die Harnabsonderung wichtiger Factor geändert wird, nämlich der Blutdruck, wie schon auf pag. 444 vermerkt wurde. Diesem Umstande mag es zuzuschreiben sein, dass ich in zwei Versuchen, in welchen ich in die Jugularvene gesunder Hunde eine concentrirte Harnstofflösung einspritzte, theilweise entgegengesetzte Resultate erhielt. Damit ich mich später auf diese Fälle beziehen kann, setze ich sie hierher.

Versuchs-Nr.	Bemerkungen	Rechte Niere in 10 Min. abgesondert			Linke Niere in 10 Min. abges.		
		Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
9	Unversehrtes Thier	0,61	0,031	5,17	0,97	0,53	5,48
	6 Grm. Harnstoff eingespritzt	2,16	0,134	6,25	2,07	0,127	6,48
10	Unversehrtes Thier	0,36	0,014	3,80	0,31	0,012	3,80
	3 Grm. Harnstoff eingespritzt	1,48	0,033	2,25	0,80	0,020	2,40

Die Zahlen des zweiten Versuches sind in dieser Abhandlung schon einmal auf pag. 443 in der Beobachtung 6 vorgeführt; dort wurde auch schon angemerkt, dass der Blutdruck durch die Harnstoffeinspritzung von 141 auf 164 Mm. Hg. also um 23 Mm. emporgetrieben wurde.

Bei beiden Thieren ist die Abscheidung des Wassers und des Harnstoffs nach der Einspritzung der letzteren Verbindung erhöht. Das Verhältniss, in welchem die Absonderung der beiden Stoffe anwuchs, war jedoch durchaus verschieden, da bei dem ersten Thiere der Harnstoffgehalt des Harnes nach der Einspritzung des Harnstoffs zunahm, während er im zweiten Falle nach der Einführung des genannten Stoffes absank. Spätere Versuche müssen, wie schon gesagt, entscheiden, welches der beiden Ergebnisse der Einverleibung des Harnstoffs und welches eingetretenen Nebenumständen zuzuschreiben ist.

5. Die Absonderungsgeschwindigkeit des Harns im Höhestadium der Curarevergiftung.

Auf die Aenderungen, welche die Curarevergiftung in der Absonderung des Gesammtharns und insbesondere in dem Harnstoffgehalte desselben hervorruft, war ich zufällig bei einer aus anderen Absichten unternommenen Beobachtungsreihe gestossen. Der Gegensatz schien einer weiteren Verfolgung werth.

Aus früheren Mittheilungen von *Cl. Bernard*, *Pavy*, *Schiff*, *Winogradoff*, *Saikowsky* und *Eckhard**) ist bekannt, dass in

*) *Cl. Bernard*, Leçon de physiologie Tom. 1. 1854—55. p. 342. — *Schiff*, Journal de physiologie 1866. p. 358. — *Pavy*, on the nature and treatment

Folge der Curarevergiftung häufig Zucker im Harn erscheint. *Schiff* ist geneigt, das Erscheinen des Zuckers von einer mangelhaften Führung der künstlichen Respiration abzuleiten und *Eckhard* gibt an, dass die Zuckerausscheidung namentlich bei Hunden sehr vorübergehend sei. Obwohl ich selbst auf die Zuckerausscheidung nicht vorzugsweise geachtet habe, so bin ich doch öfter veranlasst gewesen, den Harn meiner Versuchsthiere auf seinen Zuckergehalt zu prüfen. Dieses ist, wie schon oben erwähnt, niemals mit einem positiven Erfolg geschehen. Meine Resultate schliessen sich demnach den von *Schiff* gewonnenen an, womit nicht gesagt sein soll, dass ich auch die von ihm aufgestellte Erklärung für erwiesen halte. Der Widerspruch zwischen *Cl. Bernard's* und *Eckhard's* Beobachtungen im Gegensatz zu meinen liegt möglicherweise in den verschiedenen von uns angewendeten Vergiftungsgraden und sonstigen Zuständen des Thiers; *Eckhard* untersuchte nur sehr schwach und ich vollständig vergiftete Thiere; *Cl. Bernard* in der Verdauung begriffene und ich nüchterne Hunde. — Ueber die Reichlichkeit der Harnabsonderung nach Curare gibt nur *Eckhard* Mittheilungen; ich habe sie schon früher pag. 434 erwähnt.

Bei der Beobachtung der Harnabsonderung während der Curarevergiftung springen sogleich zwei auffallende Thatsachen hervor. Die eine, dass die Harnabscheidung mit dem Eintritt der vollen Vergiftung entweder stockt oder zum Mindesten sich sehr verlangsamt; die andere, dass der Harnstoffgehalt in dem spärlicher abgesonderten Harne geringer wird, als er vor der Vergiftung gewesen.

Die Stockung des Harnabflusses könnte ihren Grund finden in der Veränderung des Druckes, unter welchem das Blut in der Aorta steht. Wir wissen, dass das Curare eine besondere Beziehung zu den reizbaren Stücken der Arterien besitzt, namentlich aber, dass es die Nieren und Muskeln der Arterien anhaltend zu reizen oder auch dauernd zu lähmen vermag, oder dass es wechselnd bald das eine und bald das andere hervorruft. Gestützt auf diese Erfahrungen könnte man jede Stockung der Harnabsonderung auf eine Lähmung der Gefässnerven, die durch

---

of diabetes. Lond. 1869. 160. — *Saikowsky*, Med. Centralblatt 1865. — *Winogradoff*, Virchow's Archiv XXIV. u. XXVII. Bd. — *Eckhard*, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie V. Bd. p. 163 u. VI. Bd. p. 19.

das Curare bewirkt worden, zurückführen wollen, weil diese letztere eine sehr beträchtliche Herabsetzung der Aortenspannung zur Folge hat. Die Beobachtung der einzelnen Fälle lässt jedoch alsbald das Unhaltbare dieser Annahme erkennen. Ich habe öfter den Druck in der arteria carotis bestimmt, während die Absonderung ein bis anderthalb Stunden hindurch vollkommen unterbrochen war und dabei in acht Versuchen sechsmal den Druck zwischen 66 und 139 Mm. schwanken sehen, während er in nur zwei Fällen zwischen 20 und 50 variirte. Nach den in der ersten Abtheilung dieser Abhandlung aufgeführten Thatsachen genügte also der Druck sechsmal unter acht Bestimmungen, um die Harnabsonderung im Gang zu erhalten. Gegen die Annahme, dass andere Male, wo die Anwendung des Manometers unterblieb, der geringe Druck in der Aorta die Ursache der Harnstockung sei, spricht ausserdem die wiederholt auftretende Erscheinung, dass die Harnabsonderung nur einseitig ausbleibt und ferner der Umstand, dass eine bisher unterdrückte Absonderung auflebt, wenn die Nerven der Niere durchschnitten sind, obwohl hierdurch keine Steigerung in der Aortenspannung herbeigeführt wird. — Demnach ist es nicht thunlich, in diesen und ähnlichen Fällen die stockende oder verminderte Harnabsonderung in dem Mangel des nöthigen Blutdruckes zu suchen.

Die zweite Folge der Curarevergiftung, die Abnahme der Harnstoffprocente, drückt sich durchweg sehr deutlich aus. Folgende Beispiele mögen den Grad derselben darlegen:

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Beobachtungs-Dauer	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
11	Unvergiftet	48	0,67	0,031	4,4	0,58	0,027	4,7
	Curarevergiftung . .	71	0,23	0,007	3,2	0,18	0,007	3,2
12	Unvergiftet	27	2,66	0,207	7,8	2,66	0,190	7,1
	Curarevergiftung . .	81	1,18	0,113	6,0	1,80	0,112	6,2
13	Unvergiftet	79	0,73	0,041	6,51	0,38	0,028	7,19
	Curarevergiftung . .	80	0,85	0,034	3,97	0,55	0,026	4,70

Auf welche Weise gelingt es nun dem Curare, so eingreifend auf die Harnabsonderung zu wirken? Fallen die Mittel, welche das Curare zur Aenderung der Harnabsonderung in Bewegung setzt, in den Kreis der bekannten, oder sind sie neue?

Eine erste Möglichkeit, um es zu erklären, warum der Harn und ganz vorzugsweise der Harnstoff in vermindertem Maasse abgesondert werden, liegt in der Annahme, dass das Blut während der Curarevergiftung an Harnstoff verarme. Diese Unterstellung gewinnt desshalb einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit, weil der Blutstrom und in Folge der Muskellähmung auch der Lymphstrom durch das Curare so wesentlich gestört werden. Wäre in der That das zur Niere gelangende Blut ungewöhnlich arm an Harnstoff, so könnte hieraus zwar die geschwächte Absonderung erklärbar werden, aber es würde hieraus noch nicht einleuchten, warum so unmittelbar nach dem Eintritt der Curarevergiftung die Absonderung zum vollkommenen Stillstand kommt, da es doch zum Mindesten unwahrscheinlich ist, dass der von früher her vorhandene Harnstoffvorrath des Blutes sich so rasch erschöpft. Immerhin erschien es nöthig, diese Hypothese zu beleuchten. Der kürzeste Weg hiezu war dadurch gegeben, dass man dem Blute künstlich Harnstoff zusetzte. Die Ausführung dieses Vorhabens geschah entweder so, dass zuerst dem unvergifteten Thier und dann dem vergifteten und zugleich mit einem Harnstoffzusatz versehenen Thier der Harn abgefangen ward, oder es wurde auch dem unvergifteten Thiere, bevor demselben Harn abgefangen war, eine Harnstofflösung eingespritzt. Nachdem dann die gewünschte Menge von Harn gewonnen, wurde mit Curare vergiftet und von Neuem eine Harnstoffquantität in das Blut gebracht, welche in jedem Fall beträchtlich grösser war, als diejenige, welche seit der ersten Harnstoffeinspritzung durch den Harn entleert worden. Das gewonnene Resultat gibt die nachstehende Zusammenstellung.

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Beobachtungs-Dauer	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
14	Unvergiftet.	27	—	—	—	2.66	0.190	7.1
	Curare und Harnstoff-einspritzung	65	—	—	—	0.77	0.054	6.9
15	Unvergiftet, Harnstoff 6 Grm. eingespritzt	135	0.77	0.040	5.27	0.79	0.043	5.44
	Curare und 1 Gramm Harnstoff	84	0.24	0.011	4.65	0.26	0.012	4.63
16	Unvergiftet u. 8 Grm. Harnstoff	131	—	—	—	3.17	0.211	6.46
	Curare, 2 Grm. Harnst.	64	—	—	—	2.34	0.068	2.91
17	Unverg., 4 Grm. Harnst. u. 1.5 Grm. Kochsalz	120	1.02	0.025	2.48	0.75	0.018	2.37
	Curare 2 Grm. Harnst. 0.75 Grm. Kochsalz	195	0.40	0.007	1.67	0.45	0.006	1.58
18	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. Kochs.	105	1.43	0.057	4.00	0.88	0.035	3.98
	Curare 2 Grm. Harnst. 0.75 Grm. NaCl . .	170	0.60	0.014	2.26	0.69	0.015	2.14
19	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. NaCl	60	1.83	0.056	3.06	1.70	0.052	3.07
	Curare 2 Grm. Harnst. 1.5 Grm. NaCl . . .	120	0.89	0.027	2.89	1.22	0.039	3.10
20	Unverg. 4 Grm. Harnstoff 1.5 Grm. NaCl	180	1.02	0.037	3.56	—	—	—
	Curare 4 Grm. Harnst. 1.5 Grm. NaCl . . .	169	0.50	0.010	2.00	—	—	—

Diese Versuchsreihe lässt auf das Deutlichste erkennen, dass die Nieren eines mit Curare vergifteten Thieres auch durch einen grösseren Harnstoffgehalt des Blutes in keine erhöhte Thätigkeit versetzt werden können; denn in allen Fällen mindert sich nach der Einspritzung des Curare nicht blos der Gesammtharn, sondern es sinkt auch im Verhältniss zum Wasser die Ausscheidung des Harnstoffs ab und zwar zum Theil sehr beträchtlich.

Daraus folgt schon, wie mir scheint, unwiderleglich, dass wir auch das Sinken der Harnstoffabscheidung, welches wir früher

am curarisirten Thiere im Gegensatz zum unvergifteten fanden, nicht auf einen Mangel des Harnstoffs im Blute zu schieben haben, der durch die Vergiftung hervorgerufen sei. Das Verhältniss, in welches die Niere während der Curarevergiftung zum Harnstoff gestellt ist, wird noch klarer beleuchtet durch die folgenden Thatsachen, die ich gelegentlich bei einer, später zu besprechenden, Versuchsreihe gewonnen habe. Bei dieser wurden die auf den beiden Nieren abgeschiedenen Harnmengen aufgefangen, zuerst nachdem nur Curare und dann nachdem auch Harnstoff in das Blut gespritzt und die Nerven der einen Seite durchschnitten waren. Man erhielt demnach auf der einen Seite Harnmengen aus einer Niere, deren Nerven unversehrt geblieben und zwar eine Portion bei Curarevergiftung ohne Vermehrung des Harnstoffs im Blut und eine zweite Portion während der Curarevergiftung mit Vermehrung des Harnstoffs im Blute. Bei dieser Anordnung des Versuchs war zu erwarten, dass sich die Anwesenheit des Harnstoffs in ähnlicher Weise geltend mache, wie an unvergifteten Thieren, mit anderen Worten, dass sich die Menge des ausgeschiedenen Harns und insbesondere die des Harnstoffs mehren würde. Die folgenden Zahlen sind dieser Voraussetzung nicht gerade günstig.

Nummer der Beobachtung	Bemerkungen	Dauer der Beobachtung	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 Min. abges.			In 10 Min. abges.		
			Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.	Harn Cbc.	Harnstoff Grm.	Harnstoff Proc.
		Min.						
21	Curare	95	—	—	—	1.29	0.076	5.8
	Harnstoff eingespritzt	65	—	—	—	0.77	0.054	6.9
22	Curare	81	0.64	0.067	10.4	—	—	—
	Harnstoff 4.5 Grm. in 40 Cbc. HO	73	1.37	0.157	11.5	—	—	—
23	Curare	150	—	—	—	1.53	0.079	5.16
	Harnstoff 4.0 Grm. in 6 Cbc. HO	82	—	—	—	1.52	0.040	2.61
24	Curare	119	1.85	0.048	2.6	—	—	—
	Harnstoff 6 Grm. . .	80	1.13	0.028	2.5	—	—	—
25	Curare	80	0.85	0.034	3.97	—	—	—
	Harnstoff 6 Grm. . .	110	0.38	0.014	3.52	—	—	—

Unter diesen fünf Beobachtungen ist also in Folge der Harnstoffeinspritzung nur einmal das eingetreten, was nach Analogie des unvergifteten Zustandes zu erwarten war, die vermehrte Abscheidung von Wasser und Harnstoff; in den übrigen Fällen ist dann noch einmal die Abscheidung des Wassers der frühern gleichgeblieben, in den drei andern hat sie sich vermindert. Der Harnstoff ist dagegen nach der Einspritzung desselben viermal in geringerer Menge aufgetreten. Besondere Rücksicht verdient meiner Meinung nach die Beobachtung 23, in welcher die Harnstoffausscheidung gegen früher so bedeutend herabging, ohne dass ein gleiches mit dem Wasser geschehen war.

Diese Thatsachen weisen demnach eine bisher unbekannte Unabhängigkeit der Nierenarbeit von dem Harnstoffgehalt des Blutes nach. Trotzdem dass alle übrigen Bedingungen unverändert blieben, konnte doch durch den gesteigerten Reichthum des Blutes an Harnstoff keine vermehrte Absonderung desselben erzwungen werden. Da uns kein ähnliches Verhalten von der normalen Niere her bekannt ist, so werden wir dasselbe als eine specifische Folge des Curarismus ansehen dürfen. Zu den Mitteln, durch welche beim unvergifteten Thiere die Absonderung der Harnbestandtheile absolut und relativ geändert werden können, gehört nach den früheren Mittheilungen die Lähmung der Gefässnerven der Niere. Dieser Eingriff war also auch am curarisirten Thiere anzubringen und zwar empfahl sich dieses um so mehr, als thatsächlich feststeht, dass das Curare die centralen Enden der Gefässnerven sehr häufig wenigstens erregt und damit den Blutstrom in einzelnen Capillarbezirken verlangsamt.

Da während der folgenden Versuchsreihe in der Regel aus den beiden Ureteren der Harn aufgefangen wurde, aber nur die Nerven an einer Seite durchschnitten waren, so gewinnt man hiermit nicht blos Gelegenheit, die Absonderungserscheinungen vor und nach der Operation, sondern auch noch die zu vergleichen, welche zu derselben Zeit auf der operirten Seite vorhanden waren. Die folgenden Zahlen werden bei einer genauen Beachtung dessen, was an den Eingängen und Köpfen der Columnen geschrieben steht, verständlich sein. Die gleichnamigen Versuchsnummern 21, 22, 24 der folgenden und der früheren auf pag. 459 mitgetheilten Tabelle zeigen an, dass diese Versuche an demselben Thiere ausgeführt sind.

Aus einer Vergleichung der Harnvolumina, welche vor und

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen.	Dauer der Beob.	N. m. durchs. N.			N. m. unvers. N.		
			In 10 M. abges. Harn. Cbc.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Proc. Geh.	In 10 M. abges. Harn.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Proc. Geh.
		Min.						
26	Curare	71	0.18	0.007	3.2	0.23	0.007	3.2
	Nerven theilw. durchs.	208	0.32	0.009	2.9	0.29	0.009	3.1
21	Curare	81	1.87	0.113	6.0	1.80	0.112	6.2
	Nerven durchschn. . .	95	1.16	0.065	5.6	1.29	0.076	5.8
22	Curare	186	0.80	0.053	6.6	0.76	0.060	7.8
	Nerven durchschn., ob sämmtliche?	81	0.74	0.037	4.9	0.64	0.067	10.4
27	Curare	57	0.84	0.056	6.6	0.70	0.401	5.72
	Nerven durchs. u. noch eine Dose Curare . .	41	0.83	0.018	2.2	0.00	0.000	0.00
28	Curare	12	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00
	Nerven durchschn. . .	150	0.67	0.026	3.84	1.53	0.079	5.61
24	Curare	55	1.10	0.037	3.4	0.80	0.023	2.8
	Nerven durchschn. . .	119	2.94	0.081	2.8	1.85	0.048	2.6
29	Curare	95	0.00	0.000	0.00	15 Minuten nach der Nervendurchschneidung begann erst die Absonderung.		
	Nerven durchschn. . .	76	1.45	0.050	3.42			
30	Curare	70	0.00	0.000	0.00			
	Nerven durchschn. . .	75	0.44	0.016	3.75			
31	Curare	55	0.00	0.000	0.00			
	Nerven durchschn. . .	115	0.70	0.004	0.64			

nach der Durchschneidung abgeflossen sind, ergibt sich, dass nach der Durchschneidung der Nerven die Harnbildung in der Regel vermehrt ist, denn das Mittel der Harnmengen für je 10 Minuten aus den Versuchen der operirten Seite stellt sich vor der Durchschneidung auf 0.53 Cbc., während es nach derselben 1.03 Cbc. beträgt. Vergleicht man die einzelnen Versuche unter einander, so findet man jedoch auch die für das unvergiftete Thier geltende Erscheinung bestätigt, dass der Lähmung der Nierennerven nicht jedesmal eine vermehrte Harnabsonderung folgt. Sehr beachtenswerth ist es jedoch, dass nach der Durchschneidung die Absonderung jedesmal wiederkehrte, wenn sie in Folge der Curarevergiftung vollständig in das Stocken gerathen war.

Der Einfluss, den die Durchschneidung auf die Abscheidung des Harnstoffs übt, ist allerdings in den verschiedenen Beobachtungen nicht überall derselbe, aber die Versuche lassen trotzdem wohl keinen Zweifel darüber, dass die Abscheidung des

genannten Stoffes während der Lähmung der Nerven eine geringere gewesen, als die vorher auf derselben Seite vorhandene und die gleichzeitig auf der gegenüberliegenden Seite gewesene. Diese Bemerkung gilt selbstverständlich nur für die Fälle, in welchen die Harnabsonderung vor der Durchschneidung nicht vollständig unterdrückt war. Nimmt man nach Abzug der letzteren Beobachtungen das Mittel aus den noch übrigen Zahlen, so findet man, dass es vor der Durchschneidung für je 10 Minuten 53 Milligramme, nach der Durchschneidung aber für den gleichen Zeitraum nur 42 Milligramme betragen hat. Zu derselben Zeit, als diese Menge auf der operirten Seite abgesondert wurde, schieden sich auf der entgegengesetzten Seite 56 Milligramme ab. Aus einer Durchsicht der einzelnen Beobachtungen geht ferner hervor, dass die absolute Menge von Harnstoff, welche während der Nervendurchschneidung abgesondert wurde, die vor der letztern ausgeflossene überragt, wenn dasselbe auch mit dem Volum des gebildeten Harnes der Fall war (26, 24), dass dagegen die absolute Menge des Harnstoffs nach der Nervendurchschneidung kleiner wurde, wenn das Harnvolum die vor der genannten Operation erlangte Grösse gerade nur erreichte (22, 27), oder gar geringer war (21). — Dies Verhältniss, in welchem der Harnstoff zur Wasserabscheidung $\left(\frac{Ur}{HO}\right)$ steht, ist dagegen durchweg nach der Nierendurchschneidung kleiner als vorher; so dass in Folge der letztern die Wasserabscheidung vorzugsweise begünstigt erscheint.

Dieses Verhalten gewinnt für die Frage, durch welche Mittel das Curare auf die Harnabsonderung wirkt, insofern eine Bedeutung, als es den Kreis der möglichen Erklärungsarten einschränkt. Unter den auf pag. 440 erwähnten die Harnstoffabsonderung herabsetzenden Bedingungen wurde auch die sehr verlangsamte Harnabscheidung aufgezählt, gleichgiltig ob diese erzeugt war durch Widerstände für den Abfluss des Harns aus dem Ureter oder durch solche für den Zufluss des Blutes zur Niere. Da nun auch bei der Curarevergiftung der Harn langsamer abgesondert wird, so könnte man den verminderten Harnstoffgehalt auf Rechnung dieser Erscheinung setzen, wobei man es natürlich unentschieden lassen müsste, ob der Harnbewegung in den Kanälchen, z. B. durch Quellung der Epithelien, oder dem Blutstrom zu den glomerulis, z. B. durch Contraktion der

Muskelringe um die kleinen Arterien, ein vermehrter Widerstand entgegentrete. — Diese Erklärung erscheint aber sogleich ungenügend, wenn man sieht, dass die Harnstoffabscheidung sparsamer wird, trotzdem dass das Volum des ausgeflossenen Harns sich gleichgeblieben ist.

Vergleicht man endlich die Erfolge, welche der Nervendurchschneidung am curarisirten im Gegensatz zum unvergifteten Thiere zukommen, so finden wir 1) dass bei beiden übereinstimmend die Abscheidung des Gesammtharns durch die genannte Operation vermehrt werden kann. Ueber das unmittelbare Ergebniss des Versuchs hinausgehend wird man hierin einen Beweis dafür finden, dass auch im curarisirten Zustande eine tonische Erregung der centralen Nervenenden bestehe, welche den Blutstrom durch die Niere und damit die Harnabsonderung beschränke. Aus zahlreichen anderen, freilich nicht an der Niere unternommenen Versuchen ist es nun ferner bekannt, dass die Lähmung der Gefässnervenstämme, während des Curarismus sehr häufig von einem geringeren Erfolge für die Anfüllung des gelähmten Gefässbezirkes ist, als ohne die Vergiftung. Unter der Voraussetzung eines ähnlichen Verhaltens für die Niere würde es verständlich sein, warum die Durchschneidung der Nierennerven am vergifteten Thiere häufiger als am unvergifteten zu keiner vermehrten Absonderung führt. — 2) Nach der Durchschneidung sinkt beim vergifteten und beim unvergifteten Thiere der Procentgehalt des Urins an Harnstoff; also auch insofern besteht zwischen beiden Versuchsreihen Uebereinstimmung; sie finden sich jedoch dadurch in einem bemerkenswerthen Gegensatz, dass 3) nach der Durchschneidung der Nerven am unvergifteten Thiere die absolute Menge des in der Zeiteinheit abgeschiedenen Harnstoffs stets anwächst, während sie danach beim curarisirten Thiere häufig absinkt. Es bleibt also auch nach der Nervendurchschneidung eine der wesentlichen Folgen bestehn, welche die Curarevergiftung nach sich zieht. Darum ist es nicht gestattet, die Ursache der durch die letztere veränderten Nierenthätigkeit allein in einer Erhöhung des Tonus zu finden, welche im Gehirn entwickelt wird.

Eine weitere Variation meiner Versuchsreihe bestand darin, die beiden Eingriffe, die bis dahin geübt wurden, miteinander zu verbinden, mit anderen Worten, an dem curarisirten Thiere

die Nierennerven zu durchschneiden und dann zugleich Harnstoff in die Venen zu spritzen.

Durch diese Anordnung des Versuchs konnten also die Absonderungserscheinungen verglichen werden, welche die Niere während der Nervenlähmung bei geringerem und bei grösserem Harnstoffgehalte des Blutes darbot. Die Daten, welche aus der Versuchsreihe hervorgegangen sind, gibt die folgende Zusammenstellung. *) Nach ihr wurden also zunächst am curarisirten Thiere die Nierennerven einseitig durchschnitten und der Harn meist beiderseits aufgefangen, dann wurde Harnstoff in die vena jugularis eingespritzt und die Harnabsonderung abermals beobachtet. Alles Weitere zum Verständniss der Zahlen ergibt sich aus den Ueberschriften.

Wenn das Blut, dessen Harnstoffgehalt durch die Einspritzung des letztern vermehrt worden ist, auf die Niere mit durchschnittenen Nerven wirkt, so erfolgt nun in der Regel eine bedeutendere Vergrösserung des Harnvolumens. Während im Mittel aus allen Versuchen vor der Harnstoffeinspritzung in je zehn Minuten 1,10 Cbc. abflossen, kamen nach derselben in je zehn Minuten 2,33 Cbc. zum Vorschein. Vergleicht man die abgeschiedenen Harnvolumina in den einzelnen Beobachtungen, so findet sich unter den zehn Fällen nur zweimal keine Steigerung desselben. Diese beiden aus der Reihe fallenden Beobachtungen zählen jedoch zu den ersten, die ich überhaupt über Harnabsonderung angestellt habe. In einem derselben war die Menge des eingespritzten Harnstoffs unbekannt und in dem anderen war möglicher Weise bei der Anwendung des Curare nicht die Sorgfalt geübt, die in den späteren Versuchen gebraucht wurde. Aus diesen Gründen muss es dahin gestellt bleiben, ob den beiden Versuchen derselbe Werth beizulegen ist, den die anderen besitzen. Da ich mir jedoch bei ihrer Ausführung keines Fehlers bewusst bin, so habe ich mich nicht für berechtigt gehalten, diese Beobachtungen zu unterdrücken.

Zugleich mit dem vermehrten Austritt des Wassers stellt sich jetzt auch eine reichlichere Harnstoffabscheidung ein; dieses ergeben die Mittelzahlen des Harnstoffs für je 10 Minuten vor und nach der Einführung des Harnstoffs in das Blut; vor derselben stellt sich die ausgeschiedene Harnstoffmenge zu 39 Milli-

*) Siehe die Tabelle auf folgender Seite.

Nr. des Versuchs	Bemerkungen	Dauer der Beob.	Niere mit durchschnitt. Nerven				Niere mit unverletzten Nerven			
			In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Harnstoff Proc.	Chlor proc.	In 10 M. abges. Harn. Cbc.	In 10 M. abges. Harnstoff.	Harnstoff Proc.	Chlor proc.
		Minut.		Gramme				Gramme		
32	Cur. Nerv. durchschnitten	119	2.94	0.081	2.80	—	1.85	0.048	2.6	—
	Harnstoff eingespr. 6 Gr.	80	3.75	0.107	3.48	—	1.13	0,028	2.5	—
22	Cur. Nervendurchs. ob sämmtl.? . .	81	0.74	0.037	4.9	—	0.64	0.067	10.4	—
	Harnstoff eingespr. 1.5Gr.in10Cbc.HO	78	1.44	0.111	7.7	—	1.37	0.157	11.5	—
23	Cur. Nerv. durchschnitten	150	0.67	0.026	3.84	—	1.53	0.079	5.16	—
	Harnstoff eingespr. 4 Gr.	82	2.32	0.083	3.57	—	1.52	0.040	2.61	—
33	Cur. Harnstoff eingespr. 6 Gr.. . . .	65	1.14	0.056	4.96	—	1.57	0.078	4.96	—
	Nerven theilweise durchschnitten .	90	1.62	0.063	3.86	—	0.51	0.019	3.80	—
34	Nerv. durchs. Harnst. 4Gr. NaCl. 1.5Gr.	80	1.05	0.017	1.50	0.24	1.03	0.037	3.56	0.94
	Cur. Harnst. 4 Gr. NaCl. 1.5 Gr. . .	169	2.51	0.044	0.18	0.10	0.50	0.010	1.96	0.24
35	Cur. Nerv. durchschnitten	76	1.45	0.050	3.42	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 10 Gr..	51	8.04	0.116	1.48	—	—	—	—	—
36	Cur. Nerv. durchschnitten	75	0.44	0.016	3.75	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 8 Gr.	60	1.67	0.022	1.34	—	—	—	—	—
37	Curare	80	0.55	0.026	4.7	—	0.85	0.034	3.97	—
	Nerven durchschn. Hst. eingespr. 6Gr.	110	0.60	0.019	3.21	—	0.38	0.014	3.52	—
38	Cur. Nerv. durchschnitten	95	1.16	0.065	5.6	—	1.29	0.076	5.8	—
	Harnstoff eingespr. Menge unbekannt	65	0.93	0.055	6.1	—	0.77	0.053	6.9	—
27	Cur. Nerv. durchschnitten	41	0.88	0.018	2.2	—	—	—	—	—
	Harnstoff eingespr. 5 Gr.	130	0.42	0.005	1.2	—	—	—	—	—

grammen, nach derselben dagegen zu 63 Milligrammen. Das Ergebniss, welches durch die Vergleichung der mittleren Harnstoffabscheidung auf der operirten Seite gewonnen wird, findet sich auch bestätigt, wenn man das Mittel aus den vergleichbaren Fällen der beiderseitigen Absonderungen zieht. In den Beobachtungen nämlich, in welchen der Harn beiderseits gesammelt wurde, ist nach der Harnstoffeinspritzung auf der operirten Seite die Harnstoffausscheidung für je 10 Minuten gleich 69 Milligrammen, während sie auf der Seite mit unversehrten Nerven gleich 46 Milligrammen gefunden wurde. — Für die Beurtheilung der vorstehenden Versuche ist das Verhalten der Niere mit unversehrten Nerven darum wichtig, weil es zeigt, dass die Vergiftung mit Curare eine vollkommene gewesen ist.

So wird also dem Zusammentreffen der Nervendurchschneidung und der Vermehrung des Harnstoffs im Blute das erreichbar, was jede derselben für sich allein nicht zu bewirken vermochte. Dieses Resultat war mir nicht allein unerwartet, sondern es scheint mir auch gegenwärtig unerklärlich. Wenn man annimmt, dass nach der Zerschneidung der Nierennerven, beziehungsweise nach der Loslösung ihrer Peripherie von der tonischen Erregung ihrer centralen Enden, der Blutstrom der Niere nur quantitativ geändert werde, so hätte doch jedenfalls, wenn auch in beschränkter Weise, die Harnstoffeinspritzung vor der Durchschneidung zu einer vermehrten Ausscheidung des Harnstoffs führen müssen. Denn dieses würde die strenge Consequenz der andern jetzt giltigen Annahme gewesen sein, dass die grössere Dichtigkeit des Harnstoffs im Blute eine erhöhte Abscheidung desselben hervorrufe. Wollte man aber annehmen, dass mit der Durchschneidung der Nerven die Wirkung des Curare auf die Niere aufgehoben sei, so würde es unerklärt bleiben, wesshalb nach dieser Operation (ohne gleichzeitige Einspritzung von Harnstoff) die Niere nicht zu den Absonderungserscheinungen befähigt ist, die ihr vor der Curarevergiftung eigenthümlich waren.

Immerhin bleibt es jedoch möglich, dass zwischen der Absonderung nach der Nervendurchschneidung und Harnstoffeinspritzung, die vor und die während der Curarevergiftung besteht, ein quantitativer Unterschied existirt. Für die Entscheidung dieser Frage lieferte die vorstehende Versuchsreihe nur einen Beitrag. Um sie zum vollen Austrag zu bringen, wäre es

nothwendig gewesen, die Anordnung des Versuches Nr. 34 öfter auszuführen. In diesem Falle wurden, wie man sieht, die Nerven durchschnitten und gleich nachher Harnstoff eingespritzt. Als nun die nöthige Quantität Harn aufgefangen war, wurde erst die Vergiftung mit Curare vorgenommen und eine neue Harnstoffeinspritzung bewerkstelligt. Als jetzt abermals die Harnabsonderung beobachtet wurde, fand sich das Harnvolumen und der Harnstoff beträchtlich vermehrt. Somit scheint diese Beobachtung dafür zu sprechen, dass sich durch die Verbindung der Nervendurchschneidung und der Harnstoffbereicherung die Wirkung des Curare vollständig aufheben lasse. Trotz dieses günstigen Falles habe ich es vorgezogen, diese Versuchsreihe erst nach Ausführung weiterer Vorarbeiten wieder aufzunehmen. Desshalb muss ich vorerst die Erledigung des angeregten Zweifels spätern Arbeiten überlassen.

Das Verhalten des Harnstoffs während der Curarevergiftung führte unmittelbar zu der Frage, ob dasselbe ein für diesen Stoff specifisches sei oder ob sich auch andere feste Harnbestandtheile z. B. die Chlorverbindungen desselben ähnlich verhielten. Die Versuchsreihe, welche über diesen Punkt Aufklärung verschaffen sollte, war ähnlich eingerichtet, wie die mit dem Harnstoff unternommene. Den wesentlichen Inhalt derselben gibt die nachstehende Zahlenreihe. Die erste unter I stehende Abtheilung vergleicht die Absonderung des Chlors im vergifteten und unvergifteten Zustand, nachdem eine Einspritzung von concentrirter Kochsalzlösung in die Venen stattgefunden hatte; die unter II stehende Reihe gibt Aufschluss über die vereinigte Wirkung der Nervendurchschneidung und der Kochsalzeinspritzung.

I.

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen	Dauer der Beob.	Rechte Niere			Linke Niere		
			In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.	In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.
		Min.						
39	Unvergift. NaCl. 1.5 Gr.	120	1.02	0.004	0.41	0.75	0.002	0.25
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	195	0.40	0.001	0.20	0.45	0.001	0.24
40	Unvergift. NaCl. 1.5Gr.	105	1.43	0.009	0.59	0.88	0.005	0.58
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	170	0.60	0.002	0.41	0.69	0.003	0.50
41	Unvergift. NaCl. 1.5Gr.	60	1.83	0.043	2.34	1.70	0.026	1.57
	Curare, NaCl. 0.75 Gr.	120	0.89	0.008	0.91	1.22	0.005	0.95

II.

Nr. des Versuchs.	Bemerkungen	Dauer der Beob.	N. m. durchs. N.			N. m. unvers. N.		
			In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.	In 10 M. abges. Harn Cbc.	In 10 M. abges. Chlor in Gr.	Chlor proc.
		Min.						
42	Nerven durchschnitten NaCl. 0.75 Gr. . . .	80	1.05	0.003	0.24	1.03	0.010	0.94
	Curare NaCl. 0.75 Gr. .	169	2.51	0.002	0.10	0.50	0.001	0.24
43	Curare Nerven theilw. durchschnitten . . .	137	2.57	0.013	0.52	—	—	—
	NaCl. eingespr. 3.75Gr.	32	3.12	0.025	0.91	—	—	—
	Curare abermals . . .	37	3.08	0.017	0.53	—	—	—
44	Cur. Nerv. durchschn.	115	0.70	0.008	1.18	—	—	—
	NaCl. eingespr. 4.5 Gr.	169	1.69	0.023	1.23	—	—	—
45	Curare	67	0.00	0.000	0.01	—	—	—
	Nv. durchs. NaCl. 3 Gr.	40	0.85	0.011	1.32	—	—	—

Auch ohne die Benutzung von Mittelwerthen ist augenblicklich zu erkennen, dass sich die Chlorverbindungen des Harns genau so verhalten, wie der Harnstoff. Nach dem Eintritt des Thieres in den vergifteten Zustand sinkt die Menge des Chlors absolut und relativ ab, während durch eine Vereinigung der Nervendurchschneidung und der Kochsalzeinspritzung ein Ansteigen der herabgeminderten Harnvolumina und Chlormengen bewirkt werden kann.

Eine kurze Zusammenfassung der Thatsachen, welche ich über die Harnabscheidung im Höhezustand der Curarevergiftung gesehn, lautet dahin: Nicht alle Nieren verhalten sich gleichmässig, aber in weitaus der überwiegenden Mehrzahl derselben stellen sie ihre absondernde Thätigkeit entweder ganz ein oder vermindern dieselbe um ein sehr beträchtliches. Obwohl das Curare gleichzeitig auch den Blutdruck unter die Grenze herabbringt, bei welcher die Nieren aus einem Blut von mässigem Harnstoffgehalt noch Harn zu gewinnen vermögen, kann doch in der Regel dies Stocken oder Absinken der Harnabsonderung hieraus nicht erklärt werden, theils weil sich Beides auch dann findet, wenn der Blutdruck weit über der genannten Grenze erhoben blieb, und theils weil nach der Durchschneidung der Nierennerven die bis dahin unterdrückte Harnabsonderung wieder auflebt. — Die Verminderung der absondernden Thätigkeit der Niere erstreckt sich nicht gleichmässig auf alle Harnbestandtheile, denn wenn auch jeder derselben in geringerem Maasse abgeschieden wird, so geschieht dieses doch in höherem

Grade mit dem Harnstoff und den Chlorverbindungen, als mit dem Wasser. Demgemäss findet sich während der vollen Vergiftung trotz der verlangsamten Absonderung ein verdünnter Harn, ähnlich wie dieses der Fall, wenn die Harnabsonderung durch einen Gegendruck im Ureter oder durch eine Verminderung des Blutstroms in der Niere herabgesetzt wird. Dieses Zurücktreten der Absonderungsgeschwindigkeit von Chlorverbindungen und von Harnstoff ist jedoch im Gegensatz zu den zuletzt genannten Ursachen während der Curarevergiftung nicht dadurch aufgehoben, dass die absondernde Thätigkeit der Niere gesteigert wird, oder mit andern Worten nicht dadurch, dass das Volum des abgesonderten Harnes wächst. Dieses letztere ist auch während der Curarevergiftung oft dadurch erreichbar, dass man die Nierennerven durchschneidet; der Harn, der dann abfliesst, führt nun zwar in der Zeiteinheit häufig mehr Wasser, aber noch weniger Harnstoff als vorher aus. Die dem Einfluss centraler Erregungen entzogene Niere liefert also während der Curarevergiftung einen vorzugsweise verdünnten Harn. — Das Zurücktreten der Absonderung von Harnstoff und von Chlorverbindungen ist auch, vorausgesetzt, dass die Nierennerven unverletzt blieben, nicht dadurch zu beseitigen, dass man Kochsalz oder Harnstofflösung in das Blut einspritzt. — Aus allem diesem ist zu schliessen, dass die Niere während der Curarevergiftung aus irgend welchem uns unbekannten Grunde an der Abscheidung des Harnstoffs und der Chlorverbindungen mehr behindert ist als an der des Wassers. Die Hemmung, welche der Curarismus der Absonderung des Wassers entgegensetzt, kann zum Theil wenigstens gehoben werden mittelst der Nervendurchschneidung, machtlos erweist sich dagegen diese Operation gegen die Hemmung der Chlor- und Harnstoffabsonderung. Wird dagegen, wenn die Nerven durchschnitten sind, der NaCl- oder Harnstoff-Gehalt des Blutes vermehrt, so wird nun die störende Wirkung des Curare durchbrochen. — Nach allem diesem dürfte es berechtigt sein, dem Curare einen specifischen Einfluss auf die Harnabsonderung zuzuschreiben.

Zum Schlusse muss ich noch einer Erscheinung gedenken, welche von einer neuen Seite her die Wirkung des Curare beleuchtet. In einer meiner Beobachtungen bemerkte ich zufällig, dass der Harn rascher zu fliessen begann, als die künstliche Respiration bei Beendigung des Versuches unterbrochen wurde.

In diesem Falle waren links die Nierennerven durchschnitten. Diese Seite hatte während der ganzen Versuchsdauer, welche sich über 282 Minuten erstreckte, Harn geliefert, auf der entgegengesetzten Seite war nur während der ersten 57 Minuten Harn geflossen, von da an stockte die Absonderung, trotzdem dass im Verlaufe des Versuches Harnstoff und Kochsalz in das Blut gespritzt worden war. Nachdem jedoch die künstliche Athmung unterbrochen war, begann der Harn tropfenweise aus der Canüle des rechten Ureters hervorzufliessen.

Durch dieses Vorkommen aufmerksam gemacht, habe ich noch öfter auf den Zustand des Harnflusses während der beginnenden Erstickung Rücksicht genommen und noch dreimal die beschriebene Erscheinung gesehen, die also im Allgemeinen darin bestand, dass der Harnausfluss rascher wurde, wenn schon die Zahl der Herzschläge während der beginnenden Erstickung sich sehr bedeutend herabgemindert hatte.

Gewöhnlich vermehrte sich der Abfluss des Harns vorzugsweise auf der Seite, auf welcher die Nierennerven durchschnitten waren, einmal jedoch zeigte sich auch das entgegengesetzte Verhalten. Ob diese Erscheinung auf Rechnung des hohen Blutdruckes zu setzen ist, welcher dem Erstickungstode vorauszugehn pflegt?

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.